

PEMODELAN DINAMIKA SISTEM PENGELOLAAN WISATA SELAM BERKELANJUTAN DI PERAIRAN TULAMBEN-BALI

DISERTASI



Oleh :

**DWI BUDI WIYANTO
NIM. 167080100111003**

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU PERIKANAN DAN KELAUTAN
MINAT PENGELOLAAN PESISIR DAN LAUT**

**PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG**

2021

PEMODELAN DINAMIKA SISTEM PENGELOLAAN WISATA SELAM BERKELANJUTAN DI PERAIRAN TULAMBEN-BALI

DISERTASI

**UNTUK MEMENUHI PERSYARATAN
MEMPEROLEH GELAR DOKTOR**



Oleh :

**DWI BUDI WIYANTO
NIM. 167080100111003**

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU PERIKANAN DAN KELAUTAN
MINAT PENGELOLAAN PESISIR DAN LAUT**

**PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Pemodelan Dinamika Sistem Pengelolaan Wisata Selam di
Perairan Tulamben-Bali

Nama : Dwi Budi Wiyanto

NIM : 167080100111003

Program Studi : Program Doktor Ilmu Perikanan dan Kelautan

Minat : Pengelolaan Pesisir dan Laut

Menyetujui :

Komisi Pembimbing
Promotor



Prof. Dr. Ir. Nuddin Harahab, MP
NIP. 19610417 199003 1 001

Ko-Promotor 1



Dr. H. Rudianto, MA
NIP. 19570715 198603 1 024

Ko-Promotor 2



Ir. Aida Sartimbul, MSc, Ph.D
NIP. 19680901 199403 2 001



Mengetahui,
Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya

Prof. Dr. Ir. Maftuch, M.Si
NIP. 19660825 199203 1 001

IDENTITAS TIM PENGUJI

JUDUL DISERTASI : Pemodelan Dinamika Sistem Pengelolaan Wisata
Selam Berkelanjutan di Perairan Tulamben-Bali

Nama Mahasiswa : Dwi Budi Wiyanto

N I M : 167080100111003

Program Studi : Program Doktor Ilmu Perikanan dan Kelautan

Minat : Pengelolaan Pesisir dan Laut

DOSEN PROMOTOR

Promotor : Prof. Dr. Ir. Nuddin Harahab, MP

Ko-Promotor I : Dr. H. Rudianto, MA

Ko-Promotor II : Ir. Aida Sartimbul, MSc, Ph.D

DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Dr. Ir. Dewa Gede Raka W, M.Sc

Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S. Pi., MT

Dosen Penguji 3 : Prof. Lucman Hakim, S.Si, M.Agr.Sc, Ph.D

Dosen Tamu : Dr. Zainul Hidayah, S. Pi., M. App.Sc

Tanggal Ujian : 14 Juli 2021

IDENTITAS TAHAPAN UJIAN DISERTASI

JUDUL DISERTASI : Pemodelan Dinamika Sistem Pengelolaan Wisata
Selam Berkelanjutan di Perairan Tulamben-Bali

Nama Mahasiswa : Dwi Budi Wiyanto

N I M : 167080100111003

Program Studi : Program Doktor Ilmu Perikanan dan Kelautan
Minat : Pengelolaan Pesisir dan Laut

KOMISI PEMBIMBING

Promotor : Prof. Dr. Ir. Nuddin Harahab, MP

Ko-Promotor I : Dr. H. Rudianto, MA

Ko-Promotor II : Ir. Aida Sartimbul, MSc, Ph.D

Tahapan Ujian

1. Ujian Kualifikasi : 13 Februari 2018
2. Sidang Komisi Proposal Disertasi : 01 Oktober 2018
3. Evaluasi Kelayakan Proposal Disertasi : 22 Januari 2019
4. Ujian Proposal Disertasi : 20 Februari 2019
5. Sidang Komisi Hasil Disertasi : 25 Februari 2021
6. Evaluasi Kelayakan Disertasi : 09 April 2021
7. Seminar Hasil Disertasi : 10 Mei 2021
8. Ujian Akhir Disertasi : 14 Juli 2021
9. Yudisium

PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah Penelitian Disertasi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah Penelitian Disertasi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur Plagiasi, saya bersedia Disertasi (DOKTOR) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, Juli 2021
Penulis

Dwi Budi Wiyanto
NIM.167080100111003



SURAT KETERANGAN HASIL DETEKSI PLAGIASI

Envelope ID: ACE7B922-9A94-409F-867B-2125F21F1624



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI**
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
BADAN PENERBITAN JURNAL

JL. Veteran Malang 65145 Telp. +62341 553512; Fax. +62341 557837

Email : jfmr@ub.ac.id https://jfmr.ub.ac.id

SURAT KETERANGAN HASIL DETEKSI PLAGIASI

Nomor : 080/UN10.F06.08/PP/2021

Berdasarkan hasil pemindaian atas nama :

Nama : Dwi Budi Wiyanto

NIP : 167080100111003

Program Studi : Doktor Ilmu Perikanan dan Kelautan

Judul : Pemodelan Sistem Dinamik Pengelolaan Wisata Selam
Berkelanjutan Di Perairan Tulamben-Bali

Dengan ini kami sampaikan bahwa kami telah melakukan deteksi plagiasi disertai
tersebut diatas dengan basis data online melalui perangkat lunak Turnitin dan menghasilkan
persentase kemiripan 5%.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebaik-baiknya.

Malang, 5 Juli 2021

Ketua Badan Penerbitan Jurnal



Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi., M.T.

NIP. 197807172 200502 1 004

RIWAYAT HIDUP



Dwi Budi Wiyanto, lahir di Pamekasan, 15 Juli 1983, putra kedua dari lima bersaudara pasangan H. Moh. Nikrah dan Hj. Faridatul Adawiyah. Pendidikan Sekolah Dasar di SDN Barurambat Kota 5 Pamekasan lulus tahun 1996. SLTP Negeri 2 Pamekasan, lulus tahun 1999. Sekolah Menengah Umum (SMU) Negeri 1 Pamekasan, lulus tahun 2002.

Penulis berkesempatan melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi Negeri dan diterima sebagai Mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura di Jurusan Ilmu Kelautan, lulus tahun 2006. Program Pasca Sarjana Budidaya Perairan, minat Bioteknologi Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang lulus tahun 2008. Pada tahun 2016 diterima sebagai mahasiswa Program Studi Doktor (S3) di Pascasarjana Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang dengan minat Pengelolaan Pesisir dan Laut.

Sejak Tahun 2011 sampai sekarang, bekerja sebagai staf pengajar di Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Udayana.

Penulis pernah menjabat sebagai Sekretaris Program Studi Ilmu Kelautan periode 2012-2014, Ketua Program Studi Ilmu Kelautan periode 2014-2016.

Malang, Juli 2021

Penulis

Dwi Budi Wiyanto
NIM. 167080100111003

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur Kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat, taufiq serta hidayah-Nya kegiatan penelitian dan penulis disertasi dengan judul **“Pemodelan Dinamika Sistem Pengelolaan Wisata Selam Berkelanjutan di Perairan Tulamben-Bali”** dapat diselesaikan dengan baik.

Penelitian dan penulisan disertasi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan guna memperoleh gelar Doktor, pada Program Studi Doktor (S3), Pascasarjana Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang dan merupakan kesempatan berharga untuk menerapkan beberapa teori yang diperoleh selama menempuh pendidikan.

Pada Kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Rektor Universitas Brawijaya Malang, yang telah memperkenankan penulis untuk melanjutkan pendidikan S3 di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan sejak tahun 2016.
2. Rektor Universitas Udayana yang telah memberikan kepercayaan dan menugaskan penulis untuk melanjutkan studi Program Doktor di Universitas Brawijaya Malang sejak tahun 2016.
3. Kementerian Keuangan selaku Pengelola LPDP (BUDI-DN), yang telah memberikan beasiswa selama menempuh pendidikan Program Studi Doktor Ilmu Perikanan dan Kelautan di Universitas Brawijaya Malang.
4. Prof. Dr. Ir. Maftuch, M.Si., selaku Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.
5. Prof. Ir. I Wayan Arthana MS., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Kelautan dan Perikan Universitas Udayana yang telah memotivasi kepada penulis untuk melanjutkan studi Program Doktor
6. Dr. Ir. Anik Martinah Hariati, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Doktor Ilmu Perikanan dan Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.
7. Prof. Dr. Ir. Nuddin Harahab, MP., selaku Promotor yang telah banyak memberikan arahan, bimbingan dan motivasi selama penelitian dan penulisan disertasi ini.

8. Dr. H. Rudianto, MA dan Ir. Aida Sartimbul, MSc, Ph.D selaku Ko-Promotor yang telah banyak memberikan arahan, bimbingan dan motivasi selama penelitian dan penulisan disertasi ini.
9. Istri dan anak tercinta Achmad Styra Arjuna yang selalu mendo'akan dan menjadi motivasi agar penulis segera menyelesaikan studi S3. Orang tua dan mertua serta saudara-saudara saya yang menjadi penyemangat untuk tidak pernah berhenti berdoa dan berusaha.
10. Teman-teman Angkatan 2016 di program S3 FPIK UB: Putut Har Riyadi, Jurniati, Asmanik, Hafiluddin, Aryani, Juliana Leiwakabessy, Jefry Manuhutu, dan Jolen Matakupan. Terimakasih atas kebersamaannya dari sejak awal kuliah tahun 2016 hingga saat ini, tidak akan pernah bisa penulis lupakan segala kenangan kita baik suka maupun duka.
11. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Doktor Ilmu Perikanan dan Kelautan di Universitas Brawijaya Malang.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Disertasi ini.

Semoga semua jasa baik mereka mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa Disertasi ini masih belum sempurna dan terdapat banyak kekurangan di dalamnya, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak guna perbaikan Disertasi ini. Akhirnya penulis berharap semoga Disertasi ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi masyarakat umumnya.

Malang, Juli 2021
Penulis

Dwi Budi Wiyanto
NIM. 167080100111003

DAFTAR ISTILAH

- COREMAP-CTI** : Program pemerintah Indonesia yang bertujuan untuk memperkuat kapasitas lembaga dalam konservasi dan pengelolaan ekosistem terumbu karang dan sumber dayanya. Serta pemberdayaan masyarakat pesisir untuk mengelola terumbu karang dan ekosistem terkait secara berkelanjutan, dan melalui upaya-upaya tersebut, juga meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Program ini di inisiasi oleh Direktorat Jenderal Kelautan, Pesisir, Pulau-pulau Kecil Kementerian Kelautan dan Perikanan (Dirjen KP3K-KKP) dan didanai oleh Bank Dunia (WB).
- Daya dukung lingkungan** : Kemampuan lingkungan untuk mendukung peri kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya (Dalam Undang-Undang No. 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup).
- Daya dukung wisata** : kapasitas untuk mengakomodasi pengunjung dan pembangunan tanpa mengganggu dan merusak lingkungan laut dan sumberdaya-sumberdayanya atau berdampak pada berkurangnya kepuasan wisatawan.
- Diving (Menyelam)** : Kegiatan menyelam di bawah permukaan air dengan menggunakan alat bantu pernafasan (tabung udara) dengan tujuan tertentu.
- Ekosistem** : Suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya.
- Ekowisata** : Merupakan salah satu kegiatan pariwisata yang berwawasan lingkungan dengan mengutamakan aspek konservasi alam, aspek pemberdayaan sosial budaya ekonomi masyarakat lokal serta aspek pembelajaran dan pendidikan.
- hidro-oseanografi** : Hidro oseanografi adalah cabang ilmu yang mempelajari tentang kelautan. Mencakup tentang berbagai tentang laut, seperti ekosistem laut, dinamika ekosistem laut, arus samudra, gelombang, dan lain lain
- Ikan Karang** : Ikan yang tinggal di dalam atau berdekatan serta berasosiasi dengan terumbu karang
- Konservasi** : Pengelolaan biosfer secara aktif yang bertujuan untuk menjaga kelangsungan keanekaragaman flora dan fauna dan pemeliharaan keragaman genetik di dalam suatu spesies, termasuk juga pemeliharaan fungsi biosfer seperti ekosistem
- Pariwisata** : Kegiatan rekreasi diluar domisili untuk melepaskan diri dari pekerjaan rutin atau mencari suasana lain

Puncak Liburan (Peak season) : *Peak Season* adalah tahun ketika banyak orang bepergian dan biasanya berada pada titik paling tinggi. *Peak season* dan *high season* memiliki kesamaan namun, *peak season* jauh lebih ramai dan padat ketimbang *High season* dengan masa waktu yang relatif lebih singkat. Lebih tepatnya *peak season* adalah periode puncak dalam musim liburan *high season*.

Pemodelan : Pemodelan adalah suatu teknik untuk membantu menyederhanakan suatu sistem dari yang lebih kompleks, dimana hasil pemodelan tersebut dapat disebut juga dengan model

Model : Model merupakan hasil dari proses pemodelan

Dinamika Sistem : Sistem Dinamik adalah pendekatan berbantuan komputer untuk analisis dan desain kebijakan. Ini berlaku untuk masalah-masalah dinamis yang timbul dalam sistem sosial, manajerial, ekonomi, atau ekologis yang kompleks-secara harfiah setiap sistem dinamik yang dicirikan oleh saling ketergantungan, interaksi timbal balik, umpan balik informasi, dan kausalitas sirkuler.

Snorkeling : Aktivitas berenang di permukaan air dan melihat apa yang ada di bawah permukaan air. Alat yang digunakan adalah masker, snorkel, dan fin

Stakeholders : Suatu masyarakat, kelompok, komunitas ataupun individu manusia yang memiliki hubungan dan kepentingan terhadap suatu organisasi atau perusahaan.

Terumbu Karang : Kekumpulan hewan karang yang bersimbiosis dengan sejenis tumbuhan alga yang disebut zooxanthellae.

Validasi Model : Proses pengajuan bahwa model komputer yang dibuat dalam lingkup aplikasinya memiliki kisaran akurasi yang memuaskan dan konsisten dengan maksud dari penerapan model.

Verifikasi Model : Proses meyakinkan bahwa program komputer dari model yang dibuat beserta implementasinya adalah benar. Cara yang dilakukan adalah menguji sejauh mana program komputer yang dibuat telah menunjukkan perilaku dan respon yang sesuai dengan tujuan dari model.

Wisatawan : Orang yang melakukan perjalanan wisata

Titik penyelaman : Tempat khusus yang dikunjungi penyelam untuk menikmati lingkungan bawah laut

Artificial reef : Kontruksi terumbu karang buatan dengan menggunakan bahan semen padat. Terumbu karang buatan adalah benda yang di turunkan kedasar perairan sehingga berfungsi layaknya habitat ikan

Transplantasi terumbu karang : Merupakan salah satu upaya rehabilitasi terumbu karang yang semakin terdegradasi melalui pencangkakan atau pemotongan karang hidup yang selanjutnya ditanam di tempat lain yang mengalami kerusakan atau menciptakan habitat baru

MBAS atau *methylene blue active substances* : merupakan materi pencemar yang lebih dikenal sebagai deterjen

Antropogenik : Antropogenik adalah sumber pencemaran yang tidak alami timbul karena ada pengaruh atau campur tangan manusia atau aktifitas manusia.

Corporate Sosial Responsibility (CSR)/ Tanggung jawab sosial perusahaan : Suatu konsep bahwa organisasi, khususnya perusahaan memiliki suatu tanggung jawab terhadap konsumen, karyawan, pemegang saham, komunitas dan lingkungan dalam segala aspek operasional perusahaan seperti terhadap masalah-masalah yang berdampak pada lingkungan seperti polusi, limbah, keamanan produk dan tenaga kerja.

non government organization (NGO) : Merupakan Lembaga Swadaya Masyarakat. Lembaga swadaya masyarakat adalah sebuah organisasi yang didirikan oleh perorangan ataupun sekelompok orang yang secara sukarela yang memberikan pelayanan kepada masyarakat umum tanpa bertujuan untuk memperoleh keuntungan dari kegiatannya.

pecalang : Pecalang adalah jenis petugas keamanan lokal dari desa administratif di Bali. Mereka biasanya terlibat dalam tugas duniawi seperti kontrol lalu lintas, tetapi selama acara besar ditugaskan dengan keamanan umum. Mereka bekerja dalam koordinasi dengan dua kelompok lain - hansip dan polisi.

Causal Loop diagram : Hubungan sebab-akibat antar variabel yang digambarkan dengan anak panah. anak panah yang bertanda positif menunjukkan hubungan berbanding lurus

Stock and flow diagram : Penjabaran yang lebih detail dari sistem yang sebelumnya telah dijabarkan melalui *causal loop diagram* karena pada diagram ini diperhatikan pengaruh waktu terhadap keterkaitan antar variabel sehingga mampu ditunjukkan hasil akumulasi untuk variabel stock/level dan variabel yang merupakan laju aktivitas sistem tiap periode waktu yang disebut rate/flow

RINGKASAN

Nama Mahasiswa : Dwi Budi Wiyanto, NIM : 167080100111003, Program Doktor Ilmu Perikanan dan Kelautan, Program Pascasarjana Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang, Juli 2021, **Pemodelan Dinamika Sistem Pengelolaan Wisata Selam Berkelanjutan di Perairan Tulamben-Bali**", Promotor : Prof. Dr. Ir. Nuddin Harahab, MP., Ko-Promotor I : Dr. H. Rudianto, MA., Ko-Promotor II : Ir. Aida Sartimbul, MSc, Ph.D.

Sektor pariwisata menempati peringkat keempat penyumbang devisa Negara setelah bidang *oil and gas*, *coal*, dan *crude palm oil*. Tidak hanya dari devisa, industri pariwisata memberikan *multiplier effect* terhadap masyarakat sekitar. Industri perhotelan, industri kreatif seperti kuliner dan cinderamata merupakan industri yang banyak menyerap tenaga kerja untuk menikmati berkah dari pariwisata. Kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia mengalami peningkatan sebesar 27,13% (14,04 juta) selama periode 2015-2017, namun demikian, jumlah kunjungan wisatawan di Indonesia masih tertinggal jauh dengan negara tetangga seperti Thailand yaitu 14,62 % (35 juta) selama periode 2015-2017. Salah satu daerah kunjungan wisata terbesar di Indonesia adalah Pulau Bali. Sebagai salah satu objek daerah tujuan wisata bahari yang berada di Bali, Kabupaten Karangasem terus melakukan perencanaan dan pengembangan pada objek wisata bahari khususnya daerah wisata bahari Tulamben.

Tujuan penelitian ini yaitu mengidentifikasi terumbu karang; ikan karang; kondisi hidro-oseanografi serta kependudukan Desa Tulamben, menganalisis kesesuaian wisata selam; daya dukung wisata selam serta status keberlanjutan pengelolaan wisata selam; membangun dan merumuskan model pengelolaan wisata selam berkelanjutan Perairan Tulamben. Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahapan penelitian. Ketiga tahapan penelitian dilakukan di lapangan dan laboratorium, pengambilan data di lapangan yaitu kualitas perairan, persentase tutupan terumbu karang dan ikan karang. Analisis kualitas air dilakukan di laboratorium. Penelitian ini menggunakan beberapa metode analisis yaitu metode analisis kesesuaian wisata selam, analisis daya dukung wisata selam, analisis keberlanjutan pengelolaan wisata selam dan analisis dengan *software Stella* versi 9.1.3.

Hasil observasi lapangan didapatkan hasil bahwa kondisi terumbu karang mengalami degradasi. Hal ini diindikasikan dengan persentase tutupan terumbu karang di kawasan wisata selam Tulamben berada pada kondisi buruk yaitu rata-rata 20,16 %. Ikan karang yang di temukan sebanyak 188 spesies dalam 39 famili dengan kelimpahan total ikan karang sebanyak 6.948 ind/500 m². Indeks keanekaragaman jenis ikan karang termasuk dalam kategori tinggi yaitu 3,978, indeks keseragaman jenis ikan karang termasuk dalam kategori tinggi yaitu 0,759 dan indeks dominansi termasuk dalam kategori rendah yaitu 0,042. Sedangkan klasifikasi mutu perairan kawasan wisata selam Tulamben termasuk dalam mutu kelas II dengan skor -28 sehingga dinyatakan status cemar sedang. Sedangkan status mutu perairan kawasan wisata selam Tulamben termasuk dalam mutu kelas II dengan skor -28 sehingga dinyatakan cemar sedang.

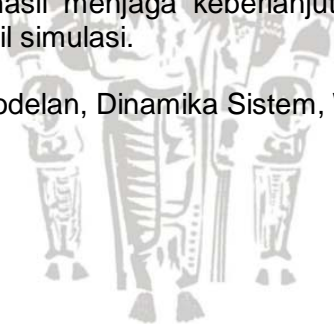
Secara umum dari 14 lokasi di kawasan wisata selam Tulamben, 10 lokasi penyelaman termasuk dalam kategori sesuai dan 4 lokasi penyelaman termasuk dalam kategori sesuai bersyarat. Hasil analisis daya dukung kawasan wisata selam Tulamben yaitu sebesar 267 orang/hari, sedangkan rata-rata harian

pengunjung kawasan wisata selam Tulamben yaitu sebesar 91 orang/hari. Jika dilihat dari pemanfaatan saat ini dan dengan peningkatan kunjungan setiap tahun, maka kemungkinan pemanfaatan wisata selam akan melebihi batas daya dukung terutama pada musim puncak liburan (*peak season*).

Hasil analisis menggunakan Indeks Sustainability dengan 5 dimensi (Ekologi, Ekonomi, Sosial-Budaya, Hukum dan Kelembagaan, Infrastruktur dan Teknologi) menunjukkan bahwa tingkat keberlanjutan pengelolaan wisata selam Tulamben berada pada status sangat berkelanjutan. Berdasarkan hasil analisis *leverage*, status keberlanjutan dapat ditingkatkan dengan memperbaiki variabel pada dimensi ekologi dan dimensi hukum dan kelembagaan, sehingga status keberlanjutan pada dimensi ekologi dan dimensi hukum dan kelembagaan sangat berkelanjutan.

Berdasarkan hasil simulasi model dinamika sistem pengelolaan wisata selam Tulamben, didapatkan skenario terpilih yaitu pada simulasi skenario kombinasi 3. Pada skenario ini didapatkan bahwa skenario terbaik adalah pembatasan penyelam pada level 2, pada skenario ini jumlah wisatawan penyelam akan berkurang namun tidak signifikan. Dampak secara ekonomi akibat penurunan wisatawan akan mempengaruhi pendapatan masyarakat dan PAD yang akan menurun namun tidak signifikan. Bentuk kebijakan yang diambil adalah menerbitkan kebijakan bagi pengelola wisata selam untuk menerapkan *short course* bagi wisatawan untuk mengikuti sertifikasi selam sehingga para wisatawan memiliki sertifikat selam dan dapat melakukan kegiatan wisata selam di Tulamben sesuai prosedur penyelaman. Meningkatkan peran masyarakat dalam melakukan pengawasan sehingga bisa mengurangi kerusakan ekosistem terumbu karang. Sehingga kebijakan dengan skenario kombinasi 3 yang telah disimulasikan berhasil menjaga keberlanjutan wisata selam selama 30 tahun sesuai dengan hasil simulasi.

Kata Kunci : Pemodelan, Dinamika Sistem, Wisata Selam, Berkelanjutan



SUMMARY

Student Name : Dwi Budi Wiyanto, NIM : 167080100111003, Doctoral Program of Fisheries and Marine Science, Graduate Program, Faculty of Fisheries and Marine Science, Brawijaya University Malang, July 2021. **System Dynamic Modelling of Sustainable Diving Tourism Management at Tulamben Waters Bali**, Promotor : Prof. Dr. Ir. Nuddin Harahab, MP., Ko-Promotor I : Dr. H. Rudianto, MA., Ko-Promotor II : Ir. Aida Sartimbul, MSc, Ph.D

Tourism sector become the fourth of national income after the *oil and gas, coal, dan crude palm oil*. Not only income, the tourism industry gives the *multiplier effect* to the society. The hotel industry creative industry, such as culinary and souvenir is industry that using high number of human labor. The arrival of foreign tourist to Indonesia is increasing up to 27,13% (14,04 million) during 2015 to 2017. However, this number is not much as neighboring countries. One of the most popular tourism spot in Indonesia is located in Bali Island. As the area of the tourism spot, Karangasem District performing planning and development to the marine tourism especially at Tulamben.

This study aimed to identify the coral reef, coral fish, hydrooceanography condition, and the civil condition at Tulamben, analyze the suitability of diving tourism, carrying capacity of diving tourism and sustainability status of diving tourism management, and build a model for management of sustainable diving tourism at Tulamben Waters. All of the research steps were carried out in the field and laboratory. Data collected in the field were water quality, percentage of coral reef, and coral fishes. Water quality data was analyzed in the laboratory. This study used several analytical methods, such as: analysis of suitability for diving tourism, analysis on the diving tourism carrying capacity, analysis on the sustainability of diving tourism management and analysis on the dynamic system using Stella software version 9.1.3.

The observation result in the field showed that coral reef condition at Tulamben Waters was decreasing. This indicated by the low percentage of coral coverage at the Tulamben Diving Tourism Site (20,16%). Coral fish found in this study was 188 species, which was grouped into 39 families. The total abundant of coral fish was 6.948 ind/500 m². The diversity index of coral fish at Tulamben was high (3,978), the similarity index was high (0,759), and the dominance index was low (0,042). Analysis on the water quality at Tulamben Diving Tourism Site was categorized as Class II, with score -28 (moderate contaminated).

From a total of 14 location in the Tulamben Diving Tourism Site, 10 locations were categorized as suitable and 4 location was categorized as conditional suitable. Result of carrying capacity analysis for the diving tourism was 267 individual/day, while the daily average of tourist was 91 individual/day. Based on the fact, the exploration of Tulamben as a Diving Tourism Site for current and further time will passed the limit of carrying capacity (especially at the peak season).

The analysis using 5 dimensional sustainability index (Ecology, Economy, Socio-culture, Law and institutional, infrastructure and technology) showed that the sustainability rate of diving tourism management at Tulamben is categorized as sustain. The increase of the status could be performed in the ecology and law and institutional dimension.

Based on the dynamic model simulation of diving tourism management in Tulamben, the best result was shown by scenario 3. In this scenario, scuba diver was limited only for level 2. The result showed that number of tourists was decreased even not significant. This may affect the economic effect caused by the decreased of tourist number and affects the income of the society. The Region Income was also decreased. The selected regulation in this study was establishment of regulation for the tourist to apply a scuba diving certification short course. Improvement of the society role on the controlling may also decrease the damage on the coral reefs. Therefore, the scenario 3 simulated on this study could be chosen to be applied for scuba diving tourism in this 30 years.

Keyword : Modelling, System Dynamic, Diving Tourism, Sustainable.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis serta arahan dan bimbingan dari Promotor dan Ko-Promotor sehingga penulisan disertasi dengan judul “**Pemodelan Dinamika Sistem Pengelolaan Wisata Selam Berkelanjutan di Perairan Tulamben-Bali**” ini dapat terselesaikan. DISERTASI ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar doktor pada Program Doktor (S3) Ilmu Perikanan dan Kelautan, Program Pascasarjana Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahapan penelitian. Penelitian tahap pertama yaitu identifikasi potensi Desa Tulamben. Tahap kedua yaitu analisis Kesesuaian Wisata Selam, Analisis daya dukung wisata selam, analisis keberlanjutan pengelolaan wisata selam. Pada tahap ketiga yaitu analisis dinamika sistem dengan menggunakan *software Stella 9.13*.

Keterbatasan pengetahuan dan kemampuan dari penulis, menjadikan ketidak-sempurnaan dalam DISERTASI ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun guna perbaikan dalam DISERTASI ini, sehingga bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Malang, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
IDENTITAS TIM PENGUJI	iv
IDENTITAS TAHAPAN UJIAN DISERTASI	v
PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN DISERTASI	vi
SURAT KETERANGAN HASIL DETEKSI PLAGIASI	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
UCAPAN TERIMA KASIH	ix
DAFTAR ISTILAH	xi
RINGKASAN	xiv
SUMMARY	xvi
KATA PENGANTAR	xviii
DAFTAR ISI	xix
DAFTAR TABEL	xxii
DAFTAR GAMBAR	xxiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Konsep Pariwisata	7
2.1.1. Pengertian Pariwisata	7
2.1.2. Pengertian Wisatawan	7
2.2. Konsep Wisata Pesisir	8
2.3. Wisata Bahari	9
2.4. Wisata Selam	11
2.4.1. Manfaat Wisata Selam bagi Perkembangan Pariwisata	13
2.4.2. Sebaran Lokasi Wisata Selam di Bali	15
2.5. Ekosistem Terumbu Karang	17
2.6. Ikan Karang	19
2.7. Daya Dukung Kawasan Wisata Selam	21
2.8. Analisis <i>Multidimensional Scalling</i> (MDS)	25
2.9. Pemodelan Dinamika Sistem	26
2.9.1. Definisi Sistem, Model dan Simulasi	26
2.9.2. Penelitian Terdahulu Model Dinamika Sistem Pengelolaan Wisata	30
BAB III. KERANGKA KONSEP PENELITIAN	36
3.1. Kerangka Konseptual Penelitian	36
3.2. Kerangka Operasional	38
3.2.1. Kerangka Operasional Penelitian Tahap I	40
3.2.2. Kerangka Operasional Penelitian Tahap II	41

3.2.3. Kerangka Operasional Penelitian Tahap III	42
BAB IV. METODE PENELITIAN	43
4.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	43
4.2. Alat dan Bahan Penelitian	44
4.3. Jenis dan Sumber Data Penelitian	44
4.4. Metode Analisis	45
4.4.1. Analisis Kualitas Perairan	46
4.4.2. Analisis Persentase Tutupan Terumbu Karang	48
4.4.3. Analisis Kelimpahan dan Struktur Komunitas Ikan Karang	50
4.4.4. Analisis Kesesuaian Wisata Selam	53
4.4.5. Analisis Daya Dukung Wisata Selam	55
4.4.6. Analisis Keberlanjutan Pengelolaan Wisata Selam	57
4.4.7. Analisis Pemodelan Dinamika Sistem	66
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	77
5.1. Kondisi <i>Eksisting</i> Kawasan Wisata Selam Tulamben	77
5.2. Kualitas Perairan dan Status Pencemar	82
5.3. Persentase Tutupan Terumbu Karang	85
5.4. Kelimpahan dan Struktur Komunitas Ikan Karang	89
5.4.1. Kelimpahan Ikan Karang	89
5.4.2. Kelimpahan Ikan Karang Berdasarkan Peranannya	91
5.4.3. Struktur Komunitas Ikan Karang	93
5.5. Kesesuaian Wisata Selam Tulamben	95
5.6. Daya Dukung Kawasan Wisata Selam Tulamben	98
5.7. Keberlanjutan Pengelolaan Wisata Selam Tulamben	99
5.7.1. Keberlanjutan Wisata Selam berdasarkan Dimensi Ekologi	101
5.7.2. Keberlanjutan Wisata Selam berdasarkan Dimensi Ekonomi	105
5.7.3. Keberlanjutan Wisata Selam berdasarkan Dimensi Sosial-Budaya	109
5.7.4. Keberlanjutan Wisata Selam berdasarkan Dimensi Hukum dan Kelembagaan	113
5.7.5. Keberlanjutan Wisata Selam berdasarkan Dimensi Infrastruktur dan Teknologi	117
5.7.6. Analisis Monte Carlo	121
5.7.7. Analisis Status Keberlanjutan Multidimensi	125
5.7.8. Uji Validasi MDS Pengelolaan Wisata Selam Tulamben	127
5.8. Pemodelan Dinamika Sistem Wisata Tulamben	128
5.8.1. Model Utama Sistem	131
5.8.2. Submodel Ekologi	132
5.8.3. Submodel Ekonomi	136
5.8.4. Submodel Sosial	142
5.8.5. Submodel Kelembagaan	146
5.8.6. Submodel Infrastruktur	150
5.9. Verifikasi dan Validasi Model Pengelolaan Wisata Selam	152
5.9.1. Uji/Verifikasi Persamaan (<i>Equations</i>) dan Unit Model	153
5.9.2. Uji/Verifikasi Struktur Model	160
5.9.3. Uji Kecukupan Batasan Model	162
5.9.4. Uji Parameter Model	162
5.9.5. Uji Kondisi Ekstrim	164
5.9.6. Uji Perilaku Model (<i>Replikasi</i>)	166
5.9.7. Uji Sensitivitas Model	167
5.10. Skenario Model Dinamika Sistem Pengelolaan Wisata Selam	171
5.10.1. Skenario Anggaran Konservasi	174

5.10.2. Skenario <i>Event</i> Promosi Wisata.....	176
5.10.3. Skenario Pembatasan Penyelam.....	178
5.10.4. Skenario Kombinasi.....	180
5.10.5. Simulasi Skenario Pengelolaan Wisata Selam.....	184
5.11. Kebaruan (<i>Novelty</i>) Penelitian.....	186
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	188
6.1. Kesimpulan.....	188
6.2. Saran	190
DAFTAR PUSTAKA.....	191
LAMPIRAN	200



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Luas terumbu karang di masing-masing pulau	19
Tabel 4.1. Alat dan bahan penelitian	44
Tabel 4.2. Jenis data parameter kualitas perairan	44
Tabel 4.3. Klasifikasi mutu air dengan metode <i>STORED</i>	46
Tabel 4.4. Penentuan sistem nilai untuk menentukan status mutu air	47
Tabel 4.5. Daftar kode bentuk pertumbuhan terumbu karang	49
Tabel 4.6. Kriteria persentaseutupan terumbu karang hidup	49
Tabel 4.7. Matriks kesesuaian wisata bahari kategori wisata selam	53
Tabel 4.8. Kelas kesesuaian wisata selam	54
Tabel 4.9. Potensi maksimum per unit area kategori wisata Selam	56
Tabel 4.10. Waktu yang digunakan untuk setiap kegiatan wisata	56
Tabel 4.11. Komponen data untuk masing-masing dimensi	57
Tabel 4.12. Indeks status keberlanjutan	64
Tabel 5.1. Biaya tiket dan fasilitas wisata selam	77
Tabel 5.2. Hasil analisis pengukuran kualitas perairan	84
Tabel 5.3. Hasil analisisutupan terumbu karang hidup	87
Tabel 5.4. Hasil analisis struktur komunitas ikan karang	94
Tabel 5.5. Hasil analisis kesesuaian wisata selam Tulamben	97
Tabel 5.6. Hasil analisis daya dukung kawasan wisata selam Tulamben	99
Tabel 5.7. Penginapan dan rumah makan di kawasan wisata Tulamben	107
Tabel 5.8. Atribut sensitif keberlanjutan pengelolaan wisata selam	127
Tabel 5.9. Hasil uji validasi analisis MDS wisata selam Tulamben	128
Tabel 5.10. Atribut hasil analisis <i>leverage</i> yang digunakan dalam submodel dinamika sistem	129
Tabel 5.11. Perhitungan hasil uji perilaku model	167
Tabel 5.12. Pembatasan wisatawan penyelam berdasarkan keahlian	170
Tabel 5.13. Simulasi skenario anggaran konservasi	175
Tabel 5.14. Simulasi skenario <i>event</i> promosi wisata	177
Tabel 5.15. Simulasi skenario pembatasan penyelam	179
Tabel 5.16. Simulasi skenario kombinasi	180

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Langkah-langkah dalam metodologi dinamika sistem.....	29
Gambar 2.2. Penelitian terdahulu dan gap penelitian.....	35
Gambar 3.1. Kerangka konseptual penelitian	37
Gambar 3.2. Kerangka operasional penelitian.....	39
Gambar 3.3. Kerangka operasional penelitian tahap pertama.....	40
Gambar 3.4. Kerangka operasional penelitian tahap kedua.....	41
Gambar 3.5. Kerangka operasional penelitian tahap ketiga.....	42
Gambar 4.1. Peta lokasi penelitian dan titik sampling	43
Gambar 4.2. Pengambilan data terumbu karang dengan metode LIT.....	48
Gambar 4.3. Pengambilan data ikan karang dengan teknik UVC.....	50
Gambar 4.4. Tahapan analisis keberlanjutan	63
Gambar 4.5. Tahapan pemodelan dinamika sistem	67
Gambar 4.6. Model konseptual pengelolaan wisata selam dalam bentuk <i>Causal Loop Diagram</i>	72
Gambar 5.1. Persentase kegiatan wisatawan yang datang ke Tulamben	78
Gambar 5.2. Jumlah kunjungan wisatawan Tulamben	79
Gambar 5.3. Komposisi tutupan biota bentik	86
Gambar 5.4. Komposisi jenis ikan karang berdasarkan famili.....	90
Gambar 5.5. Kelimpahan ikan karang dan jumlah spesies ikan karang	91
Gambar 5.6. Kelimpahan ikan karang berdasarkan peran	93
Gambar 5.7. Peta kelas kesesuaian wisata selam Tulamben.....	98
Gambar 5.8. Indeks ordinası wisata selam pada dimensi ekologi.....	102
Gambar 5.9. Hasil analisis <i>leverage</i> (atribut sensitif) status keberlanjutan wisata selam pada dimensi ekologi yang dinyatakan dalam bentuk perubahan nilai <i>Root Mean Square</i> (RMS).....	105
Gambar 5.10. Indeks ordinası wisata selam pada dimensi ekonomi.....	106
Gambar 5.11. Trend pendapatan asli daerah Kabupaten Karangasem dalam jangka waktu 10 tahun terakhir	108
Gambar 5.12. Hasil analisis <i>leverage</i> (atribut sensitif) status keberlanjutan wisata selam pada dimensi ekonomi yang dinyatakan dalam bentuk perubahan nilai <i>Root Mean Square</i> (RMS).....	109
Gambar 5.13. Indeks ordinası wisata selam pada dimensi sosial-budaya.....	110
Gambar 5.14. Hasil analisis <i>leverage</i> (atribut sensitif) status keberlanjutan wisata selam pada dimensi sosial-budaya yang dinyatakan dalam bentuk perubahan nilai <i>Root Mean Square</i> (RMS).....	113

Gambar 5.15. Indeks ordinasi wisata selam pada dimensi hukum dan kelembagaan	114
Gambar 5.16. Atribut sensitif status keberlanjutan wisata selam pada dimensi hukum dan kelembagaan yang dinyatakan dalam bentuk perubahan nilai <i>Root Mean Square</i> (RMS).....	117
Gambar 5.17. Indeks ordinasi wisata selam pada dimensi infrastruktur dan teknologi	118
Gambar 5.18. Hasil analisis <i>lverage</i> (Atribut sensitif) status keberlanjutan wisata selam pada dimensi infrastruktur dan teknologi yang dinyatakan dalam bentuk perubahan nilai <i>Root Mean Square</i> (RMS).....	119
Gambar 5.19. Akses Jalan menuju lokasi titik penyelaman Singkil.....	121
Gambar 5.20. Hasil simulasi analisis <i>monte carlo</i> dimensi ekologi yang menunjukkan posisi median dan selang inter-kuartil	122
Gambar 5.21. Hasil simulasi analisis <i>monte carlo</i> dimensi ekonomi yang menunjukkan posisi median dan selang inter-kuartil	123
Gambar 5.22. Hasil simulasi analisis <i>monte carlo</i> dimensi sosial-budaya yang menunjukkan posisi median dan selang inter-kuartil	123
Gambar 5.23. Hasil simulasi analisis <i>monte carlo</i> dimensi hukum dan kelembagaan yang menunjukkan posisi median dan selang inter-kuartil	124
Gambar 5.24. Hasil simulasi analisis <i>monte carlo dimensi</i> infrastruktur dan teknologi yang menunjukkan posisi median dan selang inter-kuartil	124
Gambar 5.25. <i>Kite Diagram</i> layang-layang status keberlanjutan wisata selam	126
Gambar 5.26. Model utama pengelolaan wisata selam Tulamben	132
Gambar 5.27. Grafik penurunan persentaseutupan terumbu karang Perairan Tulamben tahun pada 2017-2019.....	133
Gambar 5.28. <i>Stock and flow diagram</i> pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel ekologi.	135
Gambar 5.29. Grafik simulasi kondisi <i>eksisting</i> pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel ekologi.....	136
Gambar 5.30. Pendapapatan asli daerah Kabupaten Karangasem	137
Gambar 5.31. <i>Stock and flow diagram</i> pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel ekonomi.....	141
Gambar 5.32. Grafik simulasi kondisi <i>eksisting</i> pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel ekonomi.....	142
Gambar 5.33. Grafik pertumbuhan penduduk Desa Tulamben pada tahun 2011-2020.....	144
Gambar 5.34. <i>Stock and flow diagram</i> pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel sosial	145
Gambar 5.35. Grafik simulasi kondisi <i>eksisting</i> pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel sosial	146

Gambar 5.36. <i>Stock and flow</i> diagram pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel kelembagaan.....	149
Gambar 5.37. Grafik simulasi kondisi <i>eksisting</i> pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel kelembagaan	150
Gambar 5.38. <i>Stock and flow</i> diagram pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel infrastruktur	151
Gambar 5.39. Grafik simulasi kondisi <i>eksisting</i> pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel infrastruktur	152
Gambar 5.40. Proses awal verifikasi model.....	154
Gambar 5.41. Hasil verifikasi model yang sudah sesuai.....	154
Gambar 5.42. Hasil verifikasi model utama	155
Gambar 5.43. Hasil verifikasi submodel ekologi	155
Gambar 5.44. Hasil verifikasi submodel ekonomi.....	155
Gambar 5.45. Hasil verifikasi submodel social	156
Gambar 5.46. Hasil verifikasi submodel Infrastruktur	156
Gambar 5.47. Hasil verifikasi submodel kelembagaan.....	156
Gambar 5.48. Proses awal pengecekan unit model	157
Gambar 5.49. Hasil pengecekan unit model utama	157
Gambar 5.50. Hasil pengecekan unit submodel ekologi	158
Gambar 5.51. Hasil pengecekan unit submodel ekonomi	158
Gambar 5.52. Hasil pengecekan unit submodel sosial.....	159
Gambar 5.53. Hasil pengecekan unit submodel infrastruktur.....	159
Gambar 5.54. Hasil pengecekan unit submodel kelembagaan	160
Gambar 5.55. Hasil uji/verifikasi struktur model.....	161
Gambar 5.56. Grafik uji parameter persentaseutupan terumbu karang terhadap daya tarik wisata selam	163
Gambar 5.57. Grafik uji parameter jumlah wisatawan penyelam <i>peak season</i> harian dengan pembangunan infrastruktur.....	163
Gambar 5.58. Grafik uji kondisi ekstrim variabel kebijakan pembatasan wisatawan penyelam	164
Gambar 5.59. Grafik uji kondisi ekstrim variabel jumlah <i>event</i> promosi.....	165
Gambar 5.60. Grafik uji kondisi ekstrim pada variabel rencana anggaran konservasi.....	166
Gambar 5.61. Grafik uji sensitivitas anggaran konservasi terhadaputupan terumbu karang, jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat dan PAD	168
Gambar 5.62. Grafik uji sensitivitas <i>event</i> promosi wisata terhadaputupan terumbu karang, jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat dan PAD	169

Gambar 5.63. Grafik uji sensitivitas pembatasan penyelam terhadap tutupan terumbu karang, jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat dan PAD	170
Gambar 5.64. Pengaruh variabel kunci terhadap variabel tujuan	172
Gambar 5.65. Grafik simulasi skenario anggaran konservasi	176
Gambar 5.66. Grafik simulasi skenario jumlah event promosi wisata	178
Gambar 5.67. Grafik simulasi skenario pembatasan penyelam	180
Gambar 5.68. Grafik simulasi skenario kombinasi 1	181
Gambar 5.69. Grafik simulasi skenario kombinasi 2	182
Gambar 5.70. Grafik simulasi skenario kombinasi 3	183
Gambar 5.71. Hasil perbandingan antara persentase tutupan terumbu, jumlah wisatawan selam, PAD dan pendapatan masyarakat berdasarkan skenario terpilih dan kondisi eksisting	185



BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang beriklim tropis memiliki daya tarik tersendiri untuk menjadi destinasi wisata bahari seperti *diving*, *snorkeling* dan *surfing*. Saat ini pariwisata menempati peringkat keempat penyumbang devisa Negara setelah bidang *oil and gas*, *coal*, dan *crude palm oil*. Jumlah penerimaan devisa dari sektor pariwisata pada tahun 2018 yaitu sebesar 229,50 triliun dan terjadi kenaikan sebesar 25 % pada tahun 2019 yaitu sebesar 280 triliun (Kemenparekraf, 2020). Pariwisata tidak hanya menyumbang devisa, industri pariwisata memberikan *multiplier effect* terhadap masyarakat sekitar. Industri perhotelan, industri kreatif seperti kuliner dan cinderamata merupakan industri yang banyak menyerap tenaga kerja untuk menikmati berkah dari pariwisata. Pada tahun 2020, pemerintah menargetkan sekitar 20 juta orang wisatawan mancanegara datang ke Indonesia (Hesna *et al.*, 2016). Kunjungan wisatawan mancanegara ke Indonesia mengalami peningkatan sebesar 27,13% (14,04 juta) selama periode 2015-2017 (Badan Pusat Statistik 2018). Namun demikian, jumlah kunjungan wisatawan di Indonesia masih tertinggal jauh dengan negara tetangga seperti Thailand yaitu 14,62 % (35 juta) selama periode 2015-2017 (Ministry of Tourism and Sports, 2018). Salah satu daerah kunjungan wisata terbesar di Indonesia adalah Pulau Bali. Badan Pusat Statistik Propinsi Bali mencatat sekitar 9.286.153 wisatawan domestik dan wisatawan mancanegara berkunjung ke Bali pada tahun 2017 (BPS, 2018). Desa Tulamben berada di wilayah Kecamatan Kubu, Kabupaten Karangasem, telah berkembang menjadi salah satu destinasi wisata bahari utama di Pulau Bali. Sebagai salah satu destinasi wisata bahari, Desa Tulamben

terus melakukan perencanaan dan pengembangan pada objek wisata bahari (Hidayah *et al.*, 2017). Berdasarkan peraturan pemerintah Republik Indonesia nomor 50 tahun 2011 tentang rencana induk pengembangan kepariwisataan nasional tahun 2010-2025 lampiran II, daerah Tulamben-Amed dan sekitarnya termasuk dalam Kawasan Pengembangan Pariwisata Nasional KPPN).

Potensi wisata bahari Tulamben menarik para wisatawan yang mempunyai minat khusus menyelam untuk datang berkunjung. Jumlah wisatawan yang mengunjungi Tulamben pada Tahun 2012 mencapai 71.802 dan terjadi kenaikan sebesar 8,41 % (77.842) pada tahun 2014 (Dinas Pariwisata Provinsi Bali, 2015).

Kekayaan biota laut yang diberikan Tulamben menjadi tempat terbaik untuk menyelam di Pulau Bali (Subhan *et al.*, 2014). Pada kedalaman 30 meter di bawah laut terdapat kerangka kapal "*USAT Liberty*", sebuah kapal dagang AS yang karam akibat dihantam torpedo kapal selam Jepang pada tanggal 11 Januari 1942 ketika dalam pelayaran melintasi Selat Lombok (Ridwan *et al.*, 2013). Menyelam di *shipwreck USAT Liberty* merupakan alasan terbaik para penyelam untuk datang ke Tulamben. Titik penyelaman lain seperti Batu Niti, Seraya, Kuanji, Melasti, Pura Segara, Emerald, Batu Klebit, Alamanda, Palung-Palung, *Drop Off*, *Coral Garden*, *Touch Terminal* dan Singkil merupakan titik penyelaman yang tidak kalah menarik untuk dinikmati oleh wisatawan.

Rata-rata 150 orang melakukan penyelaman di *shipwreck USAT Liberty* dalam sehari. Bahkan bisa mencapai 200-250 penyelam per hari pada musim puncak liburan. Jika diperkirakan dari seluruh titik penyelaman di Tulamben, rata-rata penyelam per hari mencapai 500-700 pada musim puncak. Berdasarkan penelitian Turak dan Devantier (2010), menyebutkan bahwa umumnya satu titik penyelaman yang berada pada ekosistem terumbu karang mempunyai batas

atau daya dukung sebanyak 5.000 penyelaman per tahun (100 penyelam per minggu – 15 per hari), jika lebih dari itu, ekosistem mulai terdegradasi.

Sebuah kajian yang dilakukan oleh *Coral Reef Alliance* (CORAL) dan Yayasan *Reef Check* Indonesia (YRCI) pada tahun 2013 menunjukkan perputaran ekonomi yang mencapai USD10 juta, yang sebagian besar berasal dari sektor pariwisata yang telah berkembang menjadi penunjang utama perekonomian masyarakat lokal di Desa Tulamben. Pertumbuhan ekonomi di Desa Tulamben tanpa diiringi dengan rencana pengelolaan yang tepat tentunya akan menghasilkan dampak negatif terhadap sumberdaya pesisir dan laut yang menjadi aset utama bagi pertumbuhan ekonomi. Perkembangan kegiatan wisata selam mempunyai pengaruh dan hubungan yang positif dengan pengembangan sektor lainnya, terutama terhadap sektor industri pariwisata dan stabilitas lingkungan hidup. Perubahan yang terjadi karena aktivitas pariwisata sangat berpengaruh terhadap ekonomi daerah dan kesejahteraan masyarakat Desa Tulamben secara keseluruhan.

Beberapa penelitian tentang pemodelan telah dilakukan, misalnya Damai (2003), secara umum memandang bahwa sebuah model pengelolaan pesisir merupakan gabungan dari beberapa sub-model yang saling mempengaruhi dan saling berinteraksi. Sub-model tersebut antara lain adalah populasi, aktivitas ekonomi dan ketersediaan ruang. Menurut Sadelie (2003) pemodelan dinamika sistem pengembangan pariwisata berkelanjutan merupakan suatu kajian rekayasa sistem yang dapat digunakan untuk merancang pengelolaan sumberdaya alam, dalam hal ini Kawasan Tahura, sehingga diperoleh hasil yang optimal. Yudasmara (2010) merencanakan model pengelolaan ekowisata bahari di kawasan Pulau Menjangan yang berkelanjutan dari aspek ekologi, ekonomi dan sosial. Hasil penelitian tentang model pengelolaan yang optimal bagi

kawasan Pulau Menjangan adalah model yang memasukkan unsur kegiatan rehabilitasi di dalam skenario pengelolaannya. Selanjutnya berdasarkan hasil penelitian Darsana *et al.*, (2017) model pengelolaan wisata bahari di Nusa Penida yang tepat adalah *community based tourism* dengan pendekatan desa wisata.

Penelitian tentang wisata bahari di Pulau Bali khususnya di Perairan Tulamben telah banyak dilakukan seperti menurut Febrian dan Suryawan (2019); Hidayah *et al.*, (2017); Amerta (2017); Subagiana, Suryaniadi dan Wijayati (2017); Wingit *et al.*, (2017); (Dicker 2015), namun demikian penelitian yang spesifik dalam model pengelolaan kawasan wisata selam berkelanjutan belum pernah dilakukan. Model pengelolaan wisata selam dengan mengintegrasikan aspek ekologi, ekonomi, sosial dan kelembagaan yang digabungkan dengan pemodelan dinamika sistem.

Berdasarkan informasi data tersebut diatas, maka diperlukan sebuah penelitian yang dapat menggambarkan pola hubungan dan interaksi antar komponen penyusun sebuah sistem wisata selam dalam suatu kerangka kerja (*frame work*) pemodelan dinamika sistem. Pemodelan tersebut dapat dijadikan sebagai acuan bagi segenap sektor yang berkepentingan dalam mengembangkan konsep pengelolaan kawasan wisata selam yang berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas diketahui bahwa kawasan wisata selam memiliki kompleksitas permasalahan yang tinggi dan saling terkait satu dengan yang lainnya. Interaksi antara pertumbuhan industri dan tuntutan perbaikan ekonomi, memberikan tekanan terhadap ekosistem terumbu karang yang berdampak pada kerusakan (degradasi ekosistem) dan pencemaran. Kondisi ini menimbulkan

konflik kepentingan antara penduduk, pemerintah daerah, pengusaha dan pemerhati lingkungan. Oleh sebab itu, permasalahan-permasalahan yang ingin dikaji dalam penelitian disertasi ini adalah :

1. Bagaimana potensi ekosistem terumbu karang, ikan karang dan hidro-oseanografi di Perairan Tulamben-Bali?
2. Bagaimana kesesuaian wisata selam dan daya dukung wisata selam di Perairan Tulamben-Bali?
3. Bagaimana status keberlanjutan wisata selam di Perairan Tulamben-Bali?
4. Bagaimana membangun dan merumuskan model pengelolaan wisata selam yang berkelanjutan di Perairan Tulamben-Bali?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi kualitas perairan, terumbu karang dan ikan karang di Perairan Tulamben.
2. Menganalisis kesesuaian wisata selam dan daya dukung wisata selam di Perairan Tulamben.
3. Menganalisis status keberlanjutan pengelolaan wisata selam di Perairan Tulamben.
4. Membangun dan merumuskan model pengelolaan wisata selam berkelanjutan di Perairan Tulamben.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian disertasi ini adalah sebagai berikut :

1. Secara akademis penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan artikel ilmiah yang terindeks scopus serta dapat memberikan sumbangan ide dan temuan baru untuk memperkaya khasanah ilmu pengetahuan dalam bidang pengelolaan kawasan wisata selam di Propinsi Bali.

2. Secara praktis penelitian ini menghasilkan sebuah model dinamika sistem yang dapat diterapkan dalam pengambilan kebijakan pengelolaan wisata selam.

3. Secara khusus penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan bagi pemerintah tentang rencana pengembangan wisata selam Pulau Bali.



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Pariwisata

2.1.1. Pengertian Pariwisata

Pariwisata adalah kegiatan rekreasi diluar domisili untuk melepaskan diri dari pekerjaan rutin atau mencari suasana lain. Sebagai suatu aktifitas, pariwisata telah menjadi bagian penting dari kebutuhan dasar masyarakat maju dan sebagian kecil masyarakat negara berkembang. Pariwisata adalah fenomena pergerakan manusia, barang, dan jasa, yang sangat kompleks, terkait erat dengan organisasi, hubungan kelembagaan dan individu, kebutuhan layanan, penyediaan kebutuhan layanan dan sebagainya.

Defenisi pariwisata menurut Undang-Undang Nomor 10 Tahun 2009 “Pariwisata adalah berbagai macam kegiatan wisata dan didukung berbagai fasilitas serta layanan yang disediakan oleh masyarakat, pengusaha, pemerintah, dan pemerintah daerah”. Jadi pariwisata merupakan perjalanan yang dilakukan manusia ke daerah yang bukan merupakan tempat tinggalnya dalam waktu paling tidak satu malam dengan tujuan perjalanannya bukan untuk mencari nafkah, pendapatan atau penghidupan di tempat tujuan.

2.1.2. Pengertian Wisatawan

Segmentasi permintaan wisata, wisatawan memiliki beragam motif, minat, ekspektasi, sosial, ekonomi, budaya dan sebagainya. Orang yang melakukan perjalanan wisata disebut wisatawan (*tourist*). Batasan tentang wisatawan sangat bervariasi, mulai dari umum sampai dengan yang sangat teknis dan spesifik.

Menurut Undang-Undang Nomor 10 Tahun 2009 Wisatawan adalah orang yang melakukan wisata. Sedangkan Eridiana (2008) menyatakan bahwa wisatawan (*tourist*) adalah setiap orang yang mengunjungi negara yang bukan

merupakan tempat tinggalnya, untuk berbagai tujuan, tetapi bukan untuk mencari pekerjaan atau penghidupan dari negara yang dikunjungi. Seseorang dikatakan sebagai *tourist* apabila dari *visitor* yang menghabiskan waktu paling tidak satu malam (24) jam di daerah yang dikunjungi. Sedangkan *visitor* itu sendiri diartikan orang yang melakukan perjalanan ke daerah yang bukan merupakan tempat tinggalnya kurang dari 12 bulan dan tujuan perjalanan bukan untuk terlibat dalam kegiatan untuk mencari nafkah, pendapatan atau penghidupan di tempat tujuan.

2.2. Konsep Wisata Pesisir

Hall (2001) menyatakan bahwa konsep wisata pesisir mencakup rentang penuh wisata, hiburan, dan kegiatan yang berorientasi rekreasi yang terjadi di zona pantai dan perairan pantai. Selain itu, wisata pesisir juga mencakup pulau-pulau kecil yang berada disekitar daratan utama. Dalam wisata pesisir termasuk pengembangan wisata dengan adanya akomodasi, restoran, industri makanan, rumah kedua, dan infrastruktur pendukung pembangunan pesisir (misalnya bisnis ritel, marina, dan aktivitas pemasok kebutuhan pokok). Kegiatan wisata seperti rekreasi berperahu, pantai dan laut berbasis ekowisata, kapal pesiar, berenang, memancing, *snorkeling*, dan menyelam.

Konsep wisata pesisir berkelanjutan (*sustainable coastal tourism*) adalah wisata yang dapat memenuhi kebutuhan wisatawan maupun daerah tujuan wisata pada masa kini, sekaligus melindungi dan mendorong kesempatan serupa dimasa yang akan datang. Pengertian tersebut secara implisit menjelaskan bahwa dalam pendekatan wisata berkelanjutan bukan berarti hanya sektor wisata saja yang berkelanjutan tetapi berbagai aspek kehidupan dan sektor sosial ekonomi lainnya yang ada di suatu daerah (Butler, 1980). Pengembangan wisata berkelanjutan mencakup upaya memaksimalkan *net benefit* dari pembangunan ekonomi yang berhubungan dengan pemeliharaan jasa dan

kualitas sumber daya setiap waktu atau dapat diartikan sebagai ekowisata.

Konsep wisata alam (ekowisata) didasarkan pada keindahan panorama, keunikan alam, karakteristik ekosistem, kekhasan seni budaya, dan karakteristik masyarakat sebagai modal utama yang dimiliki daerah. Hal penting dalam ekowisata, yaitu sumber daya pantai, kondisi laut secara ekologi, investasi industri wisata, dan dampak manusia terhadap keberlanjutan (Robson, 2008).

Wisata alam harus menerapkan prinsip keterpaduan. Boumans *et al.* (2002) menyatakan keterpaduan dalam pemanfaatan terdiri dari: 1) modal alam, semua potensi biofisik yang dapat menghasilkan baik barang ekosistem (termasuk bahan dan sumber daya mineral) serta ekosistem jasa. 2) modal sosial, mengacu pada lembaga, hubungan, dan norma-norma yang membentuk kualitas dan kuantitas interaksi sosial suatu masyarakat. 3) modal sumber daya manusia, berupa kuantitas dan kualitas teknologi, pengetahuan, dan tenaga kerja.

2.3. Wisata Bahari

Wisata Bahari merupakan salah satu jenis wisata yang berkembang di Indonesia. Hal ini disebabkan Indonesia merupakan negara kepulauan dan memiliki potensi sumberdaya pesisir dan lautan yang sangat besar. Sumberdaya pesisir dan lautan yang dapat ditemui di Indonesia antara lain populasi ikan hias yang diperkirakan mencapai sekitar 263 jenis, terumbu karang, padang lamun, hutan mangrove dan berbagai bentang alam pesisir yang unik. Kondisi pemandangan alamiah tersebut yang menjadi daya tarik yang sangat besar bagi wisatawan. Daerah yang memiliki potensi pesisir dan pantai, pengembangan pariwisata pantai atau bahari merupakan suatu tantangan yang menjanjikan, mengingat pariwisata merupakan sektor yang mampu memberikan kontribusi tinggi bagi perekonomian daerah (Hunger dan Wheelen, 2003).

Kegiatan wisata ada yang memanfaatkan wilayah pesisir dan lautan secara langsung dan tidak langsung. Jenis-jenis wisata yang secara langsung memanfaatkan wilayah pesisir antara lain: berperahu, berenang, *snorkling*, menyelam dan pancing. Sedangkan jenis-jenis wisata yang secara tidak langsung memanfaatkan wilayah pesisir dan lautan antara lain: Kegiatan olahraga pantai dan piknik menikmati atmosfer laut.

Orientasi pemanfaatan pesisir dan lautan serta berbagai elemen pendukung lingkungannya merupakan suatu bentuk perencanaan dan pengelolaan kawasan secara terpadu dalam usaha mengembangkan kawasan wisata. Aspek kultural dan fisik merupakan suatu kesatuan yang terintegrasi dan saling mendukung sebagai suatu kawasan wisata bahari. Suryanto (2009) mengemukakan bahwa suatu kawasan wisata yang baik dan berhasil bila secara optimal didasarkan pada empat aspek yaitu : mempertahankan kelestarian lingkungannya, meningkatkan kesejahteraan masyarakat di kawasan tersebut, menjamin kepuasan pengunjung, meningkatkan keterpaduan dan kesatuan pembangunan masyarakat disekitar kawasan dan zone pengembangannya. Selain keempat aspek diatas, setiap kawasan perlu perencanaan secara spasial karena kemampuan daya dukung untuk setiap kawasan berbeda-beda. Secara umum, ragam daya dukung wisata bahari meliputi daya dukung ekologis, fisik, sosial dan rekreasi.

Daya dukung ekologis merupakan tingkat maksimal penggunaan suatu kawasan (Suryanto, 2009). Daya dukung fisik merupakan kawasan wisata yang menunjukkan jumlah maksimum penggunaan atau kegiatan yang diakomodasikan dalam area tanpa menyebabkan kerusakan atau penurunan kualitas. Daya dukung sosial adalah kawasan wisata yang dinyatakan sebagai batas tingkat maksimum dalam jumlah dan tingkat penggunaan dimana

melampauinya akan menimbulkan penurunan dalam tingkat kualitas pengalaman atau kepuasan. Sedangkan daya dukung rekreasi merupakan konsep pengelolaan yang menempatkan kegiatan rekreasi dalam berbagai objek yang terkait dengan kemampuan kawasan.

2.4. Wisata Selam

Usaha wisata selam adalah penyediaan sarana selam baik untuk rekreasi maupun olahraga secara komersial; wisata perahu layar adalah kegiatan wisata yang dilakukan dengan kapal yang digerakkan menggunakan layar yang memanfaatkan tenaga angin sebagai pendorongnya. Wisata memancing adalah kegiatan menangkap ikan yang dilakukan di laut; wisata selancar atau *surfing* adalah kegiatan dengan memanfaatkan ombak yang tinggi dan pemandangan keindahan pantai menjadi perpaduan yang unik. Dermaga bahari adalah penyediaan sarana dan prasarana tambat bagi kapal pesiar (*yacht*), kapal wisata (*boat* atau *ship*) (Ismayanti, 2010). Wisata Selam merupakan wisata dengan pangsa pasar minat khusus. Adapun jenis Wisata Selam (*diving*) adalah :

- 1) *Snorkeling* : berenang di permukaan laut sekaligus bisa melihat langsung kehidupan alam bawah laut seperti ikan dan terumbu karang.
- 2) *Sea Walker* : berjalan di dasar laut dengan menggunakan helm kedap air.
- 3) *Scuba Diving* : Menyelam menggunakan perlengkapan *diving* komplet mulai dari pakaian, tangki oksigen dll.

Menurut Laapo (2010), parameter yang perlu dipertimbangkan dalam menilai tingkat kesesuaian pemanfaatan kategori kegiatan wisata bahari adalah :

1. Kondisi kawasan penyelaman yaitu menyangkut keadaan permukaan air (gelombang) dan arus. Gelombang besar dan arus yang kuat dapat membawa para penyelam keluar kawasan wisata. Kekuatan arus yang aman

bagi wisatawan maksimum 1 knot (0,51 m/detik), sesuai sampai sangat sesuai yaitu di bawah 0,34 m/detik (Davis dan Tisdell, 1995).

2. Kualitas daerah penyelaman yaitu menyangkut jarak pandang yang layak (sesuai) dibawah permukaan air (*underwater visibility*), dalam hal ini tergantung tingkat kecerahan dan kedalaman perairan, dan tutupan komunitas karang dan *life form* (Davis dan Tisdell, 1995). Hal ini terkait dengan penetrasi matahari terhadap biota dasar permukaan air maksimum 25 meter.

Alasan orang berpartisipasi dalam melakukan kegiatan *Scuba-Diving* adalah karena hasrat untuk mencari “pengalaman dibelantara laut”, ketertarikan terhadap ekologi perairan laut, sebagai sarana olahraga yang berbeda dengan olahraga lainnya, pesona bawah laut dan kehidupan laut, untuk tujuan hobi fotografi bawah laut, dan petualangan dengan resiko tertentu (Davis dan Tisdell, 1995).

Pemerintah menerbitkan kebijakan mengenai pengaturan Usaha Wisata Selam yang dijadikan dasae guna perkembangan pembangunan kepariwisataan, yaitu seperti:

1. Peraturan Menteri Kebudayaan dan Pariwisata Nomor : PM/96/HK.501/MKP/2010 tentang Tata Cara Pendaftaran Usaha Wisata Tirta. Dalam Peraturan Menteri Kebudayaan dan Pariwisata ini untuk usaha wisata selam merupakan bagian dari Usaha Wisata Tirta dan pendaftarannya merupakan kewenangan Bupati kecuali khusus untuk Daerah Khusus Ibukota Jakarta ditujukan kepada Gubernur.
2. Peraturan Bupati Karangasem Nomor 17 Tahun 2015 tentang Tata Cara Pendaftaran Usaha Pariwisata.

3. Peraturan Menteri Pariwisata dan Ekonomi Kreatif Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2014 tentang Standar Usaha Wisata Selam (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 1020, selanjutnya disebut Permen Pariwisata dan Ekonomi Kreatif). Standar Usaha Wisata Selam adalah rumusan kualifikasi Usaha Wisata Selam dan/atau klasifikasi Usaha Wisata Selam yang mencakup aspek produk, pelayanan dan pengelolaan Usaha Wisata Selam. Peraturan Menteri ini mengatur dan menetapkan batasan tentang persyaratan minimal dalam penyelenggaraan Usaha Wisata Selam dan pedoman *best practices* dalam pelaksanaan sertifikasi Usaha Wisata Selam. Pembinaan dan pengawasan dalam rangka penerapan Standar Usaha Wisata Selam dilakukan oleh Menteri/Gubernur/Bupati/Walikota sesuai kewenangannya.
4. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah. Dalam Undang-Undang Pemerintahan Daerah disebutkan bahwa wilayah beroperasi wisata selam merupakan kewenangan Provinsi untuk mengelola sumber daya laut yang ada di wilayahnya paling jauh 12 (dua belas) mil laut diukur dari garis pantai ke arah laut lepas dan/atau ke arah perairan laut.

2.4.1. Manfaat Wisata Selam bagi Perkembangan Pariwisata

Wisata selam adalah suatu kegiatan yang secara langsung melibatkan masyarakat, sehingga membawa berbagai manfaat. Wisata selam ini bermanfaat bagi kesehatan, hal ini dapat dibuktikan dengan dimasukkannya *diving* sebagai cabang olahraga yang dilombakan. Tidak hanya memberi kesehatan jasmani tetapi juga kesehatan rohani, *recreational diving* membuat para penyelam menjadi *relax* saat memandang kehidupan alam bawah laut.

Pariwisata untuk olahraga (*Sport Tourism*) menurut Spillane (1987) dapat dibagi dalam dua kategori yaitu :

1. *Big sport events* yaitu peristiwa olahraga besar seperti *Olympic games*, kejuaraan ski dunia, kejuaraan tinju dunia dan olahraga lainnya yang menarik perhatian tidak hanya pada olahragawannya sendiri tetapi juga ribuan penonton atau penggemarnya.

2. *Sporting tourism of the practitioners* yaitu pariwisata olahraga bagi mereka yang ingin berlatih dan mempraktekkan sendiri seperti pendakian gunung, olahraga naik kuda, berburu, memancing dan lain-lain.

Olah raga dan pariwisata mempunyai tujuan yang sama. Olahraga bertujuan untuk memberikan kesenangan maka pariwisata adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan kesenangan. Salah satu contoh adalah olahraga selam yang merupakan kegiatan olahraga sekaligus kegiatan pariwisata yang mengalami pertumbuhan sangat cepat dibandingkan dengan olahraga bahari lainnya. Wisata selam sebagai wisata olahraga adalah kegiatan wisata yang memanfaatkan lingkungan perairan laut sebagai kegiatan olahraga dan aktivitas luar.

Pertumbuhan usaha wisata selam yang sangat berkembang memberikan dampak terhadap pertumbuhan perekonomian. Secara umum dampak tersebut adalah sebagai berikut :

a. Meningkatkan struktur ekonomi

Peningkatan pendapatan masyarakat dari industri pariwisata membuat struktur ekonomi masyarakat menjadi lebih baik. Masyarakat bisa memperbaiki kehidupan dari bekerja di industri pariwisata.

b. Membuka peluang investasi

Keragaman usaha dalam industri pariwisata memberikan peluang bagi para investor untuk menanamkan modal. Kesempatan berinvestasi di daerah wisata

berpotensi membentuk dan meningkatkan perekonomian masyarakat setempat.

c. Mendorong aktivitas wirausaha (*entrepreneurships*)

Adanya kebutuhan wisatawan saat berkunjung ke destinasi wisata mendorong masyarakat untuk menyediakan kebutuhannya dengan membuka usaha atau wirausaha (Ismayanti, 2010).

Bagi perkembangan pariwisata, wisata selam memberikan manfaat terhadap peningkatan jumlah kunjungan wisatawan. Disamping jumlah wisatawan yang meningkat, wisata selam juga mendongkrak angka lama tinggal wisatawan di Bali, karena jenis wisata ini memerlukan waktu yang lebih banyak daripada jenis wisata lainnya. Dengan demikian tentu juga akan berdampak terhadap peningkatan jumlah pengeluarannya.

Pengembangan wisata selam ini sejalan dengan visi dan misi pembangunan pariwisata Bali dimana sasarannya adalah pariwisata yang berkualitas, sehingga tidak semata-mata mengejar target jumlah wisatawan yang meningkat tetapi wisatawan yang berkualitas, yaitu lama tinggalnya meningkat serta belanjanya meningkat. Oleh karena itu wisata selam diharapkan meningkatkan kualitas perkembangan pariwisata kedepannya.

2.4.2. Sebaran Lokasi Wisata Selam di Bali

Pulau Bali terkenal dengan keindahan pantainya, baik pesisir pantai, diatas pesisir maupun dibawah laut mempunyai daya tarik tersendiri. Dalam beberapa tahun belakangan ini, Pulau Bali menjelma menjadi salah satu surga bagi kalangan penggemar olahraga menyelam (*diving*). Hampir seluruh perairan laut Bali memiliki pesona dan keindahan alam bawah laut berupa rongsoan kapal dan biota laut seperti terumbu karang, ikan yang membuat para penyelam ingin

menikmatinya. Berikut ini beberapa lokasi wisata selam di Bali yang banyak diminati para penyelam.

a) Pantai Tanjung Benoa, Nusa Dua merupakan salah satu tempat menyelam terbaik di Bali terletak di ujung tenggara Pulau Bali. Jarak tempuh dari Bandara ke pantai ini kira-kira 12 km atau kurang lebih 30 menit perjalanan menggunakan kendaraan bermotor. Tempat wisata selam yang cukup terkenal yaitu *seawalker*.

b) Pantai Sanur terletak di sebelah timur kota Denpasar sekitar 6 km atau 30 menit dari pusat kota. Pantai ini dapat dicapai dengan mobil, sepeda motor ataupun kendaraan umum dengan cukup mudah..

c) Pulau Menjangan terletak di ujung barat Pulau Bali dalam kawasan Taman Nasional Bali Barat. Untuk menyeberang ke Pulau Menjangan, bisa melalui dermaga Labuhan Lalang atau Mimpi Resort dengan menyewa perahu.

d) Pantai Pemuteran terletak di utara Pulau Bali, di antara Buleleng dan Gilimanuk. Dari Lovina untuk sampai ke Pemuteran tidak terlalu jauh. Dengan waktu tempuh satu jam sudah bisa menemukan banyak *dive centre* yang menyewakan *snorkel set* sepanjang Pemuteran.

e) Nusa Penida dan Nusa Lembongan terletak di seberang Selat Badung dari Bali Selatan. Lokasinya disisi tenggara Pulau Bali. Banyak ditemukan *dive spot* yang juga bisa untuk kegiatan *snorkeling* seperti *Manta Point*, *Crystal Bay*, dan *Toya Pakeh*. Untuk bisa menyeberang ke Nusa Penida dan Lembongan bisa menggunakan *speedboat* dari Sanur dan Ferry dari Padangbai, dengan jarak tempuh dari Sanur kurang lebih 45 menit, dan sekitar 30 menit dari Padangbai.

f) Pantai Padang Bai terletak di sebelah timur Bali dekat Candi Dasa. Tempat yang populer disini adalah Padang Kurungan, Bias Tugel, Tepekong Canyon,

Shark Mimpang dan *Blue Lagoon*. Terdapat bebatuan karang dengan pasir halus di beberapa tempat landai terumbu karang dan ratusan jenis ikan yang hidup didalamnya.

g) Pantai Tulamben merupakan sebuah desa yang terletak di Kecamatan Kubu, di bagian utara Kabupaten Karangasem, berjarak sekitar 25 km dari kota Amlapura dan jika dari Kota Denpasar kurang lebih berjarak 82 km. Akses menuju ke lokasi cukup mudah karena terletak di pinggir jalan raya jurusan Amlapura-Singaraja.

h) Pantai Amed terletak disisi timur Pulau Bali, tepatnya di Kabupaten Karangasem. Pantai Amed yang indah ini semakin menarik karena banyak perbukitan yang mengelilinginya. Dengan berkendara mobil atau motor bisa menuju Amed dari Denpasar dalam waktu tempuh kurang lebih 3,5 jam melintasi pesisir Pulau Bali, melalui By Pass Ida Bagus Mantra menuju Karangasem.

2.5. Ekosistem Terumbu Karang

Salah satu ekosistem yang sangat penting dan menjadi habitat bagi berbagai spesies ikan, *crustacea*, *mollusca* dan hewan laut lainnya adalah terumbu karang. Keunikan struktur morfologi, produktivitasnya yang tinggi serta kemampuannya dalam menyokong kehidupan berbagai spesies biota laut menjadikan ekosistem ini berfungsi sebagai pusat biodiversitas di lautan.

Interaksi antar komponen biotik dan abiotik dalam ekosistem terumbu karang terjadi dalam bentuk aliran energi dan aliran materi. Sehingga gangguan atau kerusakan terhadap keberlangsungan hidup terumbu karang memiliki konsekuensi berantai yang mengancam potensi sumberdaya perikanan.

Secara alami, ekosistem terumbu karang memiliki banyak manfaat terutama sebagai penyokong kelestarian lingkungan pesisir. Yusri, (2013) mengidentifikasi

5 manfaat umum ekosistem terumbu karang bagi manusia. Kelima manfaat itu adalah : (1) pelindung pantai dari hempasan ombak; (2) wilayah penangkapan ikan; (3) sumber protein bagi manusia dari aktifitas perikanan; (4) menyediakan lapangan pekerjaan dari sektor perikanan dan pariwisata; (5) sumber obat-obatan. Khusus untuk sektor perikanan tangkap, ekosistem terumbu karang terkenal sebagai habitat dari ikan-ikan karang, udang lobster, kima dan berbagai biota bernilai ekonomis tinggi lainnya. Morfologi terumbu karang menjadikannya sesuai sebagai tempat memijah (*spawning ground*), tempat mencari makan (*feeding ground*) dan tempat berlindung (*sanctuary ground*) untuk beragam spesies biota laut. Sehingga secara langsung, terumbu karang berfungsi sebagai tempat berkumpulnya ikan alami (*natural fish aggregating site*).

Ekosistem terumbu karang di Pulau Bali ini merupakan potensi wisata bahari yang sangat besar sehingga perlu dilestarikan keberadaannya, akan tetapi keberadaan wisata bahari di Pulau Bali tidak menutup kemungkinan akan berpengaruh terhadap kualitas lingkungan terutama lingkungan perairan yang sangat berpengaruh terhadap terumbu karang dan biota bawah air lainnya.

Berdasarkan kebijakan satu peta (*one map policy*) yang diamanatkan dalam UU No.4 tahun 2011, dirilis bahwa total luas terumbu karang di Indonesia adalah 2,5 juta hektar. Informasi tersebut dihasilkan dari citra satelit yang dikompilasi dari berbagai institusi terkait dan telah diverifikasi oleh tim yang tergabung dalam Kelompok Kerja (Pokja) Nasional Informasi Geospasial Tematik (IGT) Pesisir dibawah koordinasi BIG (Badan Informasi Geospasial). Sedangkan luas terumbu karang untuk masing-masing pulau besar yang ada di perairan Indonesia ditampilkan pada Tabel 2.1. Perhitungan total luas terumbu karang tersebut berdasarkan peta sebaran terumbu karang yang ada tertera pada Tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1. Luas terumbu karang di masing-masing pulau

No	Regional	Luas (Ha)
1	Bali	8.837
2	Jawa	67.869
3	Kalimantan	119.304
4	Maluku	439.110
5	Nusa Tenggara	272.123
6	Papua	269.402
7	Sulawesi	862.627
8	Sumatra	478.587
	Total	2.517.858

Sumber : (Giyanto *et al.*, 2017)

Kondisi terumbu karang di berbagai belahan dunia mengalami penurunan, salah satunya di Indonesia. (Riniwati *et al.*, 2019). Kerusakan terumbu karang di Indonesia mencapai 36% dan hanya sekitar 6,5% terumbu karang di Indonesia yang berada dalam kondisi sangat baik. Pada tahun 2017 kondisi terumbu karang dalam kondisi sangat baik sebesar 6,56%, kondisi baik sebesar 22,96%, kondisi cukup sebesar 34,30% dan kondisi jelek sebesar 36,18%. Selama kurun waktu 5 tahun (2012-2017) hanya ada peningkatan 1 % kondisi terumbu karang yang sangat baik.

2.6. Ikan Karang

Ikan merupakan salah satu biota laut yang memiliki tulang belakang (*vertebrata*), berdarah dingin dan mempunyai insang. Tidak ada istilah khusus yang menjelaskan mengenai definisi ikan karang. Meskipun beberapa jurnal memakai topik ikan karang, definisi dari istilah tersebut jarang dijelaskan di dalamnya. Beberapa pakar berusaha mendefinisikan mengenai istilah ikan karang. Muchlisin (2015) menyebutkan bahwa istilah ikan karang merujuk pada sekelompok taksa yang ditemukan pada terumbu karang dan merupakan karakteristik dari terumbu karang tersebut. Jenis hewan ini merupakan penghuni

laut yang paling banyak yaitu sekitar 42,6% atau sekitar 5000 jenis yang telah diidentifikasi, mempunyai keanekaragaman jenis yang tinggi baik dalam bentuk, ukuran, warna dan sebagian besar hidup di daerah terumbu karang (Muchlisin, 2015).

Ikan karang kebanyakan masuk dalam ordo Perciformes, ada juga yang Scorpaeiformes, Syngnathiformes (Muchlisin, 2015). Jenis ikan karang yang mudah dan paling umum dijumpai di terumbu karang adalah dari kelompok Pomacentridae, termasuk *anemonfish* dan *angelfish* yang memiliki warna sangat indah. Selain itu juga dari kelompok Chaetodontidae, Zanclidae dan Haemulidae.

Salah satu penyebab tingginya keragaman spesies ikan karang tersebut adalah variasi habitat di daerah terumbu karang.

Jenis-jenis ikan karang dapat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu ikan indikator, ikan target dan ikan major (English, *et al.*, 1997).

- 1) Ikan target, yaitu ikan ekonomis penting dan biasa ditangkap untuk konsumsi. Biasanya ikan-ikan ini menjadikan terumbu karang sebagai tempat pemijahan dan daerah asuhan. Ikan-ikan target ini diwakili oleh famili serranidae, Nemipteridae (ikan kurisi), Lutjanidae (ikan kakap), Caesionidae (ikan ekor kuning).

- 2) Ikan indikator, yaitu jenis ikan karang yang khas mendiami daerah terumbu karang dan menjadi indikator kesehatan terumbu karang diwakili family Chaetodontidae.

- 3) Ikan utama (major) merupakan jenis ikan berukuran kecil 5-25 cm, dengan karakteristik warna yang beragam yang Kelompok ini umumnya ditemukan melimpah baik dalam jumlah individu maupun jenisnya, serta cenderung bersifat teritorial. Ikan-ikan ini sepanjang hidupnya berada di terumbu karang, diwakili oleh family Apogonidae dan Pomacentridae.

2.7. Daya Dukung Kawasan Wisata Selam

Daya dukung lingkungan adalah kemampuan lingkungan untuk mendukung peri kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya (Undang-Undang No. 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup). Daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung peri kehidupan manusia dan makhluk hidup lain (peraturan menteri negara lingkungan hidup nomor 17 tahun 2009 tentang pedoman penentuan daya dukung lingkungan hidup dalam penataan ruang wilayah).

Menurut Lenzen dan Murray (2003), Daya dukung lingkungan adalah kebutuhan hidup manusia dari lingkungan dapat dinyatakan dalam luas area yang dibutuhkan untuk mendukung kehidupan manusia. Analisis daya dukung (*carrying capacity ratio*) merupakan suatu alat perencanaan pembangunan yang memberikan gambaran hubungan antara penduduk, penggunaan lahan dan lingkungan. Dari semua hal tersebut, analisis daya dukung dapat memberikan informasi yang diperlukan dalam menilai tingkat kemampuan lahan dalam mendukung segala aktifitas manusia yang ada di wilayah yang bersangkutan.

Daya dukung wisata adalah kapasitas untuk mengakomodasi pengunjung dan pembangunan tanpa mengganggu dan merusak lingkungan laut dan sumberdayanya atau berdampak pada berkurangnya kepuasan wisatawan. Daya dukung untuk daerah tujuan wisatawan mengimplikasikan bahwa ada batas pada jumlah pengembangan pariwisata dan aktivitas disuatu daerah, diantaranya yaitu kejenuhan fasilitas-fasilitas, wisatawan menjadi tidak puas dan degradasi lingkungan. Daya dukung wisata di masa yang akan datang dapat menjadi rusak pada komponen yang paling mendasar dari daya dukung ekologi, lingkungan, fisik, sosial ekonomi. Daya dukung secara fisik yaitu batas ruang, dimana fasilitas-fasilitas telah dalam kondisi jenuh (Getz, 1982). Daya dukung sosial

dapat dilihat dari dua perspektif, pertama yaitu kapasitas dari penduduk lokal dalam mentoleransi kehadiran wisatawan dan yang kedua yaitu tingkat dimana hilangnya kesenangan pengunjung dan terjadi ketidakpuasan wisatawan (O'Reilly, 1986). Daya dukung ekonomi adalah tingkat dimana campur tangan pariwisata dengan aktivitas non-wisata menjadi tidak dapat diterima secara ekonomi. Keberlanjutan ekologi pengembangan pariwisata berarti bahwa aktivitas-aktivitas sekarang ini merawat sumberdaya tersebut sehingga generasi mendatang juga dapat terus memanfaatkan sumberdaya tersebut (Ioannides 1995; ; Dowling 1992; Walker 1988).

WTO mendefinisikan daya dukung wisata sebagai jumlah wisatawan yang menggunakan area yang bisa diakomodasi (Buckley, 2008). Akan tetapi, ada basis konsep yang sangat banyak tentang daya dukung : sosial, ekonomi dan ekologi. Hampir semua definisi tersebut memasukkan dua aspek sentral : komponen tingkah laku yang merefleksikan kualitas pengalaman rekreasi, dan komponen biofisik (Saveriades, 2000). Stansfield (1985) mendefinisikan daya dukung adalah jumlah maksimum orang yang dapat menggunakan tempat tanpa merubah lingkungan fisik pada batas yang tidak bisa diterima dan penurunan kualitas pengalaman rekreasi.

Papageorgiou dan Brotherton (1999) menjelaskan bahwa poin utama dari konsep daya dukung adalah dalam konteks rekreasi, inti dari semua definisi daya dukung adalah ide untuk memelihara integritas basis sumberdaya dan penentuan pengalaman rekreasi yang berkualitas tinggi bagi wisatawan. Pada tingkat ini, kita akan mendapatkan dua elemen utama dari definisi tersebut yaitu :

1. Dugaan batas frekuensi kuantitatif berhubungan dengan suatu luasan area yang tetap dan dengan tingkat kepuasan.

2. Gagasan dalam memelihara sumberdaya alam dimana terdapat aktivitas pariwisata.

Beberapa penulis setuju bahwa daya dukung utamanya adalah konsep ekologi, yang menyatakan hubungan antara populasi dan lingkungan alam (Abernethy, 2001). Buckley (1999) mendefinisikan daya dukung sebagai jumlah pengunjung yang menghasilkan perubahan ekologi yang tidak dapat dideteksi, atau sekurang-kurangnya tidak dapat diubah terhadap ekosistem di dalam suatu daerah; atau tingkat maksimum pemanfaatan untuk rekreasi dalam hal jumlah dan aktivitas yang bisa diakomodasi oleh suatu area atau suatu ekosistem sebelum penurunan nilai ekologi yang tidak dapat diterima dan tidak dapat diubah tersebut terjadi.

Banyak penelitian pada kasus ketidakpuasan wisatawan terungkap bahwa ketidaksenangan tersebut merupakan cabang dari terlalu padatnya pengunjung di daerah wisata dan masalah-masalah lingkungan. Terlalu banyak wisatawan dan orang-orang, pengembangan komersil yang berlebihan, pembangunan daerah yang berlebihan, terlalu banyak gedung, dan terlalu banyak lalu lintas dan kemacetan adalah atribut-atribut negatif daerah tujuan wisata yang biasanya tidak diinginkan wisatawan (Alegre dan Garau, 2010). Konsep daya dukung berdasarkan pernyataan umum bahwa beberapa bentuk pembangunan di dalam daya dukung ekosistem berarti sebuah pembangunan berkelanjutan. Hal tersebut sesuai dengan definisi pembangunan berkelanjutan yaitu sebagai bentuk pembangunan yang menggunakan ekosistem alam sebagai sumberdaya dari produksi dan konsumsi yang menyisakan untuk generasi mendatang, atau lebih sederhana, yaitu sebuah pembangunan daya dukung ekosistem.

Daya dukung ekosistem terumbu karang dapat diketahui dari perspektif ekologis, fisik dan daya dukung sosial. Daya dukung ekologis karang adalah

batas jumlah pengunjung yang menggunakan dan kerusakan pada ekosistem terumbu karang yang terjadi secara insidental tanpa menyebabkan terdegradasinya ekosistem terumbu karang tersebut. Maka dari itu, terumbu karang hanya dapat mentoleransi sejumlah tertentu perubahan dari kondisi ambiennya, dan faktor seperti polusi, pelumpuran dan dampak eksploitasi dengan cara yang kurang baik. Meskipun demikian, daya dukung ekosistem terumbu karang adalah sesuatu yang sulit untuk diketahui. Daya dukung fisik dari ekosistem terumbu karang berkaitan dengan ketersediaan kapal-kapal yang membawa penyelam ke daerah karang tersebut, juga jumlah penambat kapal dan juga luas dari ekosistem terumbu karang tersebut. Ukuran dan bentuk-bentuk karang dan komposisi komunitas karang juga menentukan daya dukung dari ekosistem terumbu karang. Daya dukung sosial karang adalah batas hubungan visual antara penyelam karena mereka merasa tidak puas (Salm, 1986). Batasan-batasan tersebut didefinisikan sebagai daya dukung ekologi (Harriott *et al.*, 1997). Fishelson (1995) menerapkan pembatasan akses tersebut 2 penyelam per meter garis pantai per hari untuk terumbu tepi yang sangat kecil didekat Eilat (Teluk Aqaba).

Harriott *et al.*, (1997) membedakan kerusakan terhadap terumbu karang berdasarkan pengalaman dari penyelam setelah memiliki catatan sampai 15 karang rusak untuk penyelaman selama 30 menit. Pengaruh langsung dari penyelam baru dengan kontrol gaya apung yang masih kurang baik sangat perlu menjadi perhatian. Dengan demikian, cara terbaik untuk mengkonservasi lingkungan karang adalah dengan meminimalkan pengaruh-pengaruh antropogenik (Van Treeck dan Schuhmacher, 1999). Adapun komponen-komponen yang perlu diketahui untuk menentukan daya dukung wisata ekosistem terumbu karang yaitu : ukuran dan bentuk karang, komposisi

komunitas karang, kedalaman, arus dan *visibility*, Aksesibilitas, dan atraksi-atraksi yang terdapat didalamnya.

2.8. Analisis *Multidimensional Scalling* (MDS)

Analisis MDS merupakan salah satu metode *multivariate* yang dapat menangani data yang *non-metric*. Metode ini juga dikenal sebagai salah satu metode ordinasasi dalam ruang (dimensi) yang diperkecil. Ordinasasi sendiri merupakan proses yang berupa plotting titik obyek (posisi) di sepanjang sumbu-sumbu yang disusun menurut hubungan tertentu (*ordered relationship*) atau dalam sebuah sistem grafik yang terdiri dari atau lebih sumbu (Susilo, 2003). Melalui metode ordinasasi, keragaman multidimensi dapat diproyeksi dalam bidang yang lebih sederhana dan mudah dipahami. Metode ordinasasi juga memungkinkan peneliti memperoleh banyak informasi kuantitatif dari nilai proyeksi yang dihasilkan. Pendekatan MDS telah banyak digunakan untuk analisis ekologis, ekonomi, sosial dan teknologi (Pitcher dan Preikshot, 2001).

Tujuan dari MDS adalah untuk menemukan sebuah representasi secara dimensi yang diperkecil dari sebuah kelompok obyek (misalnya titik posisi), sedemikian rupa sehingga dugaan wakil asosiasi obyek ini (*proximities*) hampir sama dengan asosiasi awal. MDS berhubungan dengan pembuatan grafik (*map*) untuk menggambarkan posisi sebuah obyek dengan obyek yang lain, berdasarkan kemiripan (*similarity*) obyek-obyek tersebut (Buja *et al.* 2004). Alat analisis ini sangat berhubungan dengan variabel yang memiliki hubungan interdependen atau saling ketergantungan satu sama lain. Ciri dari MDS adalah perbandingan akan dilakukan dengan diagram atau peta atau grafik, sehingga bisa disebut juga sebagai *perceptual map* (Laapo, 2010).

MDS dibedakan menjadi dua berdasarkan skala pengukuran dari data kemiripan, MDS berskala metrik yaitu mengasumsikan bahwa data adalah

kuantitatif (*interval* dan *ratio*) dan MDS berskala non metrik mengasumsikan bahwa datanya adalah kualitatif (nominal dan ordinal). Pada penelitian ini menggunakan metode *non metrik*. Metode ini mencoba membuat representasi atau jarak antara obyek atau titik posisi dalam dimensi yang lebih kecil dengan tetap mempertahankan karakteristik jarak antar obyek dalam banyak dimensi. Penyimpangan karakteristik jarak setelah ordinasi dibandingkan dengan sebelum ordinasi diukur atau disebut *standardized residual sum of square* (stress) adalah persentase penyimpangan dari karakteristik awal (Steyvers, 2001).

2.9. Pemodelan Dinamika Sistem

2.9.1. Definisi Sistem, Model dan Simulasi

Pemodelan adalah suatu teknik untuk membantu menyederhanakan suatu sistem dari yang lebih kompleks, dimana hasil pemodelan tersebut dapat disebut juga dengan model. Model yang lengkap akan menggambarkan dengan baik dari segi tertentu yang penting dari perilaku dunia nyata sehingga dapat mewakili berbagai aspek dari realitas yang sedang dikaji. Model memperlihatkan atau menyatakan hubungan langsung maupun tidak langsung interaksi antara satu unsur dengan lainnya yang membentuk suatu sistem (Eriyatno, 2003).

Terdapat beberapa definisi mengenai pengertian sistem, menurut Forrester (1994) sistem adalah sekelompok komponen yang beroperasi secara bersama-sama untuk mencapai tujuan tertentu. Sedangkan menurut Lestari dan Wirjodirdjo (2012) mendefinisikan sistem sebagai sekumpulan entitas yang bertindak dan berinteraksi bersama-sama untuk memenuhi suatu tujuan akhir yang logis. Definisi yang lebih sederhana menjelaskan bahwa sistem adalah sekumpulan komponen yang diorganisasikan untuk suatu tujuan.

Kajian mengenai teori sistem tidak terlepas dari tiga akar utama yang berkaitan dengan sistem dan kompleksitas, yaitu teori sistem umum, sibernetika,

dan dinamika sistem. Ketiga akar tersebut berkembang relatif hampir bersamaan, dan sekarang dianggap sebagai pilar teori kompleksitas (Abraham, 2002).

Dalam pendekatan sistem, pengembangan model (pemodelan) merupakan titik kritis yang akan menentukan keberhasilan dalam mempelajari sistem secara keseluruhan. Melalui pemodelan akan diketahui karakteristik sistem, sehingga dapat dijadikan sebagai titik masuk bagi intervensi terhadap sistem, sesuai dengan yang diinginkan. Pemodelan akan melibatkan tahap-tahap yang meliputi seleksi konsep, rekayasa model, implementasi komputer, validasi, analisis sensitivitas, analisis stabilitas, dan aplikasi model.

Penerapan metode dinamika sistem ditujukan untuk sistem yang memiliki karakteristik berikut: (1) kompleksitas tinggi, meliputi tingginya tingkat ketergantungan antar komponen, (2) tingginya dinamisasi sistem, (3) melibatkan beberapa proses umpan balik, (4) melibatkan hubungan non-linier, (5) melibatkan data kualitatif dan kuantitatif. Simulasi dinamika sistem telah banyak digunakan untuk penyelesaian permasalahan pada sistem kompleks, mulai level produksi dalam perusahaan, level sistem organisasi dalam perusahaan, hingga level kebijakan publik. Penerapan metode dinamika sistem tersebut diantaranya pada: ilmu alam, permasalahan matematis, ilmu sosial, dan lain-lain (Aminuddin, 2017).

Setiap saat suatu sistem dapat dipandang sebagai suatu bagian dari sistem yang lebih besar (supra sistem), dan sebaliknya suatu komponen dapat pula dipandang sebagai sistem tersendiri (sub sistem). Selanjutnya, Laapo (2010) berpendapat bahwa dalam proses membangun model simulasi, terdapat enam tahap yang saling berhubungan dan perlu diperhatikan, yaitu:

1. Identifikasi dan definisi sistem. Tahap ini mencakup pemikiran dan definisi masalah yang dihadapi yang memerlukan pemecahan. Pernyataan yang jelas tentang mengapa perlu dilakukan pendekatan sistem terhadap masalah

tersebut merupakan langkah pertama yang penting. Karakteristik pokok yang menyatakan sifat dinamik atau stokastik dari permasalahan harus dicakup.

Batasan dari permasalahannya juga harus dibuat untuk menentukan ruang lingkup sistem.

2. Konseptualisasi sistem. Tahap ini mencakup pandangan yang lebih dalam lagi terhadap struktur sistem dan mengetahui dengan jelas pengaruh-pengaruh penting yang akan beroperasi di dalam sistem. Sistem dalam tahap ini dapat dinyatakan di atas kertas dengan beberapa cara, yaitu: (a)

diagram lingkaran sebab akibat dan diagram kotak, (b) menghubungkan secara grafis antara peubah dengan waktu dan bagan alir komputernya. Struktur dan kuantitatif dari model digabungkan bersama, sehingga akhirnya keduanya akan mempengaruhi efektivitas model.

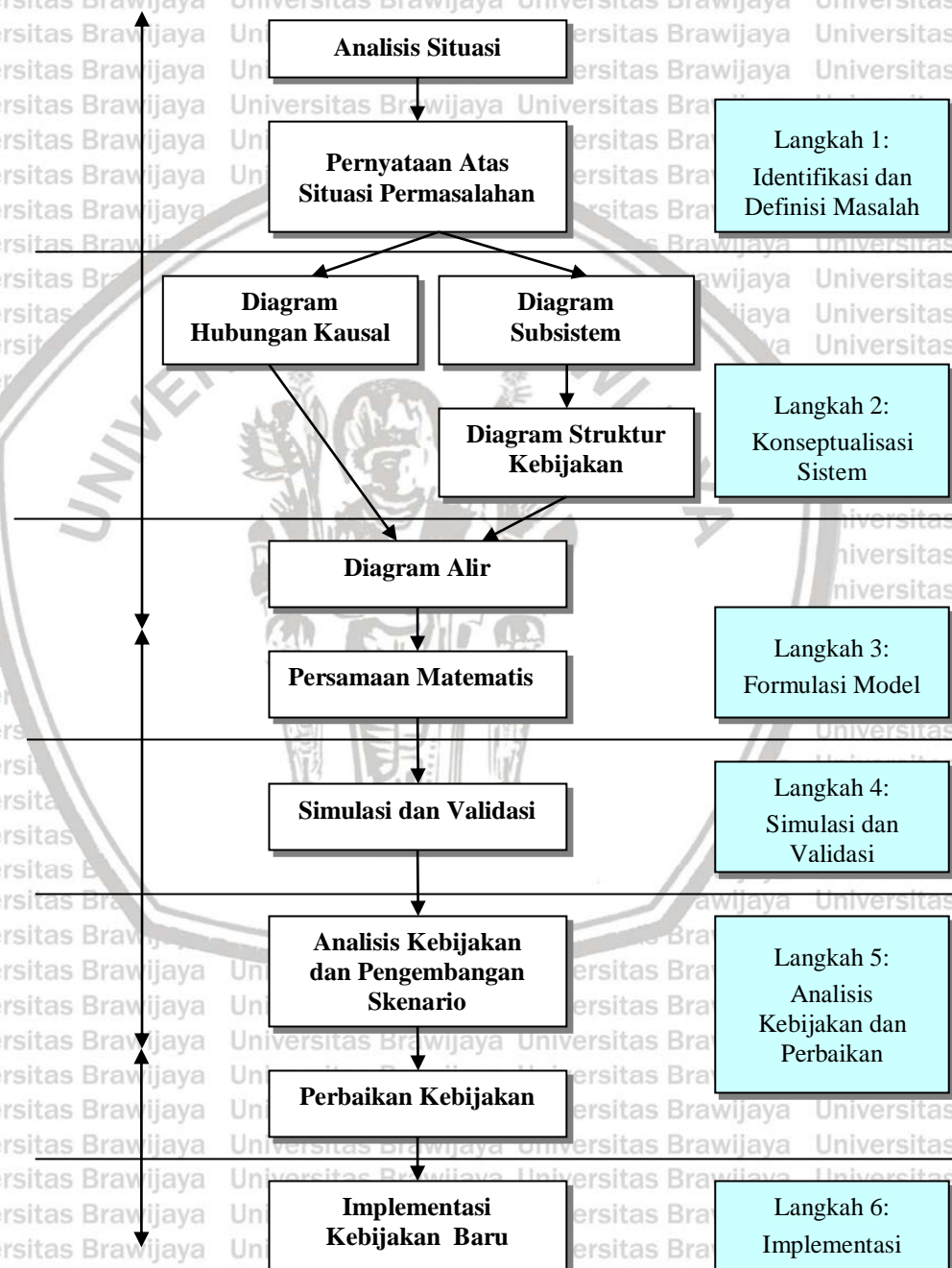
3. Formulasi model. Berdasarkan asumsi bahwa simulasi model merupakan keputusan, maka proses selanjutnya dalam pendekatan sistem akan diteruskan dengan menggunakan model. Tahap ini biasanya model dibuat dalam bentuk kode-kode yang dapat dimasukkan ke dalam komputer. Penentuan akan bahasa komputer yang tepat merupakan bagian pokok pada tahap formulasi model.

4. Simulasi model. Tahap simulasi ini, model simulasi komputer digunakan untuk menyatakan dan menentukan bagaimana semua peubah dalam sistem berperilaku terhadap waktu, Tahapan ini perlu menetapkan periode waktu simulasi.

5. Evaluasi model. Berbagai uji dilakukan terhadap model yang telah dibangun untuk mengevaluasi keabsahan dan mutunya. Uji berkisar memeriksa konsistensi logis, membandingkan keluaran model dengan data pengamatan, atau lebih jauh menguji secara statistik parameter-parameter

yang digunakan dalam simulasi. Analisis sensitivitas dapat dilakukan setelah model divalidasi.

6. Penggunaan model dan analisis kebijakan. Tahap ini mencakup aplikasi model dan mengevaluasi alternatif yang memungkinkan dapat dilaksanakan.



Gambar 2.1. Langkah-langkah dalam metodologi dinamika sistem

Sebuah sistem yang kompleks dan terdiri dari berbagai hubungan antar komponen-komponennya dapat digambarkan dalam sebuah model. Melalui pemodelan, seorang peneliti dapat mempelajari variabel-variabel penting dan memiliki pengaruh signifikan dalam sistem serta dapat menghemat biaya dan waktu (Purwaningsih *et al.*, 2012). Pendekatan melalui pemodelan dinamika sistem adalah metode untuk memahami suatu masalah yang kompleks, di titik beratkan pada pengambilan kebijakan dan pengaruh kebijakan terhadap perilaku sistem. Lebih jauh (Purwaningsih *et al.*, 2012) menjelaskan bahwa pemodelan dinamik tepat digunakan untuk menggambarkan sebuah sistem yang memiliki kriteria berikut :

1. Mengandung jumlah/kuantitas yang selalu bervariasi terhadap waktu;
2. Hubungan yang timbul antar komponen sistem dapat dijelaskan melalui hubungan sebab akibat;
3. Hubungan sebab akibat terjadi dalam sebuah sistem tertutup yang mengandung lingkaran umpan balik (*feedback loop*).

Selanjutnya, menurut Lestari dan Wirjodirdjo (2012) terdapat 3 aspek penting dalam membuat pemodelan dinamika sistem, yaitu:

1. Terminologi yang digunakan adalah hubungan sebab akibat;
2. Fokus pada keterkaitan umpan balik (*feed back linkages*) diantara komponen-komponen sistem;
3. Membuat batasan sistem untuk menentukan komponen yang berada didalam atau diluar sistem.

2.9.2. Penelitian Terdahulu Model Dinamika Sistem Pengelolaan Wisata

Penelitian dengan tema pengelolaan wisata bahari menggunakan pendekatan model dinamika sistem ataupun dengan pendekatan metode lainnya telah dilakukan beberapa peneliti. Penelitian-penelitian tersebut dilakukan

dengan objek dan daerah yang berbeda. Beberapa diantaranya adalah seperti yang akan disampaikan pada bagian berikut ini.

Casagrandi dan Rinaldi (2002) menggunakan kerangka berpikir yang mengintegrasikan tiga dimensi yaitu lingkungan (*environment*), sosial (*tourism*) dan ekonomi (*capital*). Hubungan tersebut digunakan untuk membangun dan menganalisis model kuantitatif ekowisata pesisir yang optimal.

Berdasarkan penelitian terdahulu wisata berkelanjutan menggunakan dinamika sistem semakin berkembang (Haroen, 2011). Akan tetapi, penerapan dinamika sistem dalam pengelolaan wilayah-wilayah yang saling berkaitan di Indonesia belum banyak dilakukan, padahal perencanaan wilayah memerlukan suatu metodologi sistem dalam proses pengembangan spasial.

Muflih (2015), melakukan penelitian terkait Pemodelan Dinamik Pengelolaan Kawasan Wisata Pesisir Secara Interspasi (Studi kasus: Pesisir Tanjung Pasir dan Pulau Untung Jawa). Tujuan penelitian ini menyusun model dinamik pengelolaan wisata terhadap jumlah wisatawan dan pendapatan wisata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skenario pengelolaan terbaik untuk wisata Tanjung Pasir dan Pulau Untung Jawa adalah skenario 3 (perbaikan kualitas lingkungan, fasilitas sarana prasarana, dan pengendalian jumlah wisatawan). Jumlah pengunjung Tanjung Pasir pada 2024 sebesar 385.414 orang dan Untung Jawa sebesar 1.119.495 orang. Nilai keduanya lebih rendah dibandingkan kondisi eksisting. Pertumbuhan wisata secara ekonomi menunjukkan peningkatan selama 10 tahun ke depan, dengan surplus konsumen pada tahun 2024 di Tanjung Pasir sebesar Rp 547 miliar dan Pulau Untung Jawa sebesar Rp 7,81 triliun.

Hasil penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Sadelie (2003), tujuan penelitian ini merancang dan merumuskan suatu desain sistem pengembangan

pariwisata yang bersifat dinamik bagi pengelolaan dan pengusahaan sumberdaya pesisir secara berkelanjutan. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa skenario model konservasi memiliki kecenderungan model dasar yang relevan dengan batas-batas pertumbuhan sebuah model. Kecenderungan *Net Present Value* pada tingkat *discount rate* 11% yang diperoleh sebanding dengan ketersediaan stok sumberdaya alam mangrove yang dikonservasi (1.342,1 hektar). Namun demikian, selama umur simulasi (30 tahun) dengan semakin meningkatnya jumlah populasi penduduk, ada kecenderungan terjadi penyusutan (31,4 hektar) hutan mangrove yang diprediksi sebagai akibat semakin meningkatnya laju limbah domestik.

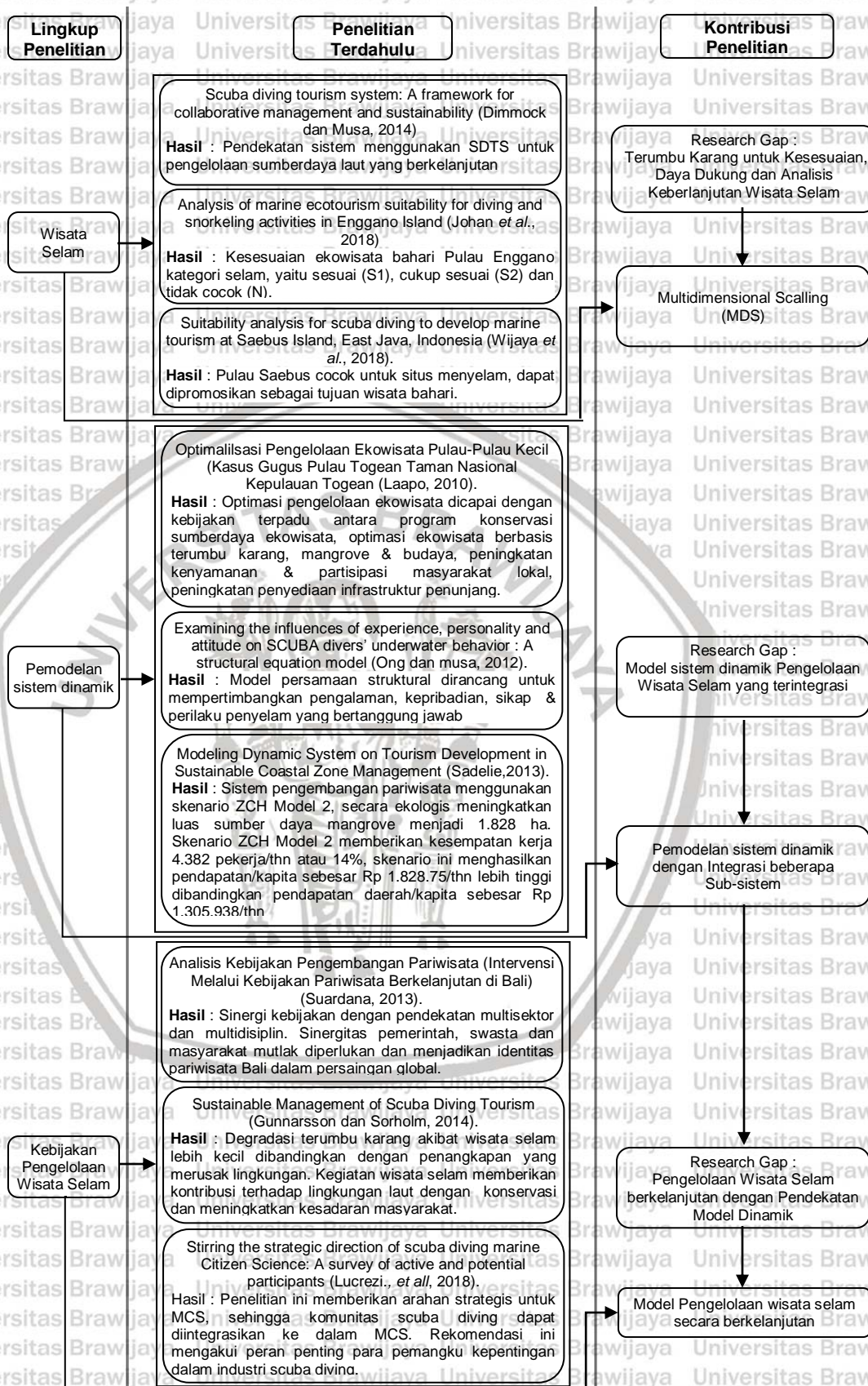
Penerapan pemodelan dinamika sistem dalam merumuskan kebijakan pengelolaan pesisir secara terpadu (ICZM) dilakukan pula melalui penelitian Chang, Hong dan Lee (2008). Penelitian tersebut menggunakan pemodelan untuk menggambarkan pola pengelolaan ekosistem terumbu karang untuk menunjang perkembangan pariwisata bahari di Taiwan. Lokasi penelitian ini adalah di wilayah wisata Kenting. Empat sub-sistem digunakan dalam penelitian ini, yaitu sub-sistem sosial ekonomi masyarakat, lingkungan, biologi dan pengelolaan sumber daya. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan skenario kebijakan untuk pengelolaan sumber daya ekosistem terumbu karang dalam kerangka ICZM. Akibat dari aktivitas wisata yang tidak terkontrol, ekosistem terumbu karang di wilayah tersebut mengalami penurunan kualitas. Oleh karena itu, tiga skenario ditawarkan yaitu : (1) penutupan total lokasi wisata selama 5 tahun untuk memberikan waktu agar terumbu karang dapat pulih; (2) tidak dilakukan upaya apapun; dan (3) dilakukan pembatasan jumlah pengunjung atau wisatawan.

Penelitian lain terkait kajian pengelolaan Kawasan wisata telah dilakukan oleh Yuniarsih *et al.*, (2014), penelitian tentang Pemodelan Sistem Pengusahaan Wisata Alam di Taman Nasional Gunung Ciremai, Jawa Barat. Tujuan penelitian ini adalah untuk membangun model pemanfaatan sumber daya alam TNGC yang dapat memenuhi tujuan ekologi dan tujuan sosial-ekonomi. Hasil simulasi sesuai kondisi saat ini menunjukkan bahwa apabila tidak ada perubahan pada variabel kunci pada sepuluh tahun yang akan datang maka terjadi peningkatan dalam hal jumlah wisatawan, pendapatan masyarakat dan pendapatan pemerintah, dengan luas tutupan hutan hanya sampai sebesar 46,63 % dari luas TNGC. Pada simulasi dengan skenario pengembangan terjadi peningkatan secara signifikan dalam hal jumlah wisatawan, pendapatan masyarakat dan pendapatan pemerintah, dengan tutupan hutan mencapai 68,64 % dari luas TNGC. Model pengusahaan wisata alam ini sangat dipengaruhi oleh peran *stakeholders* dalam pengelolaan promosi wisata alam, kegiatan restorasi, pengamanan TNGC untuk menekan gangguan hutan, peningkatan kualitas objek-objek wisata alam, dan sarana jalan akses menuju objek wisata alam, peningkatan kapasitas dan kompetensi sumber daya manusia taman nasional, serta peningkatan partisipasi masyarakat dalam kegiatan pengusahaan wisata alam.

Penerapan pemodelan dinamika sistem sebagai sarana pengambilan keputusan untuk menghasilkan skenario terbaik juga telah dilakukan diantaranya oleh Wiranatha dan Smith (2000). Penelitian tersebut menyoroti bagaimana pembangunan pariwisata di Bali telah berdampak besar terhadap pembangunan regional, pertumbuhan populasi penduduk dan bertambahnya kebutuhan akan sumber daya alam, terutama air. Model yang dibuat dalam penelitian ini berhasil menggambarkan hubungan dinamik antara kondisi sosial dan demografi dengan keberlanjutan sumber daya alam.

Kombinasi pengelolaan kawasan wisata selam dengan menggunakan model dinamika sistem dalam penelitian ini dapat memberikan cara pandang baru dalam mengelola sebuah kawasan wisata selam secara berkelanjutan. Penelitian terdahulu terkait pengelolaan kawasan wisata selam dengan menggunakan model untuk pengembangan kawasan wisata disajikan dalam Gambar 2.2.





Gambar 2.2. Penelitian terdahulu dan gap penelitian

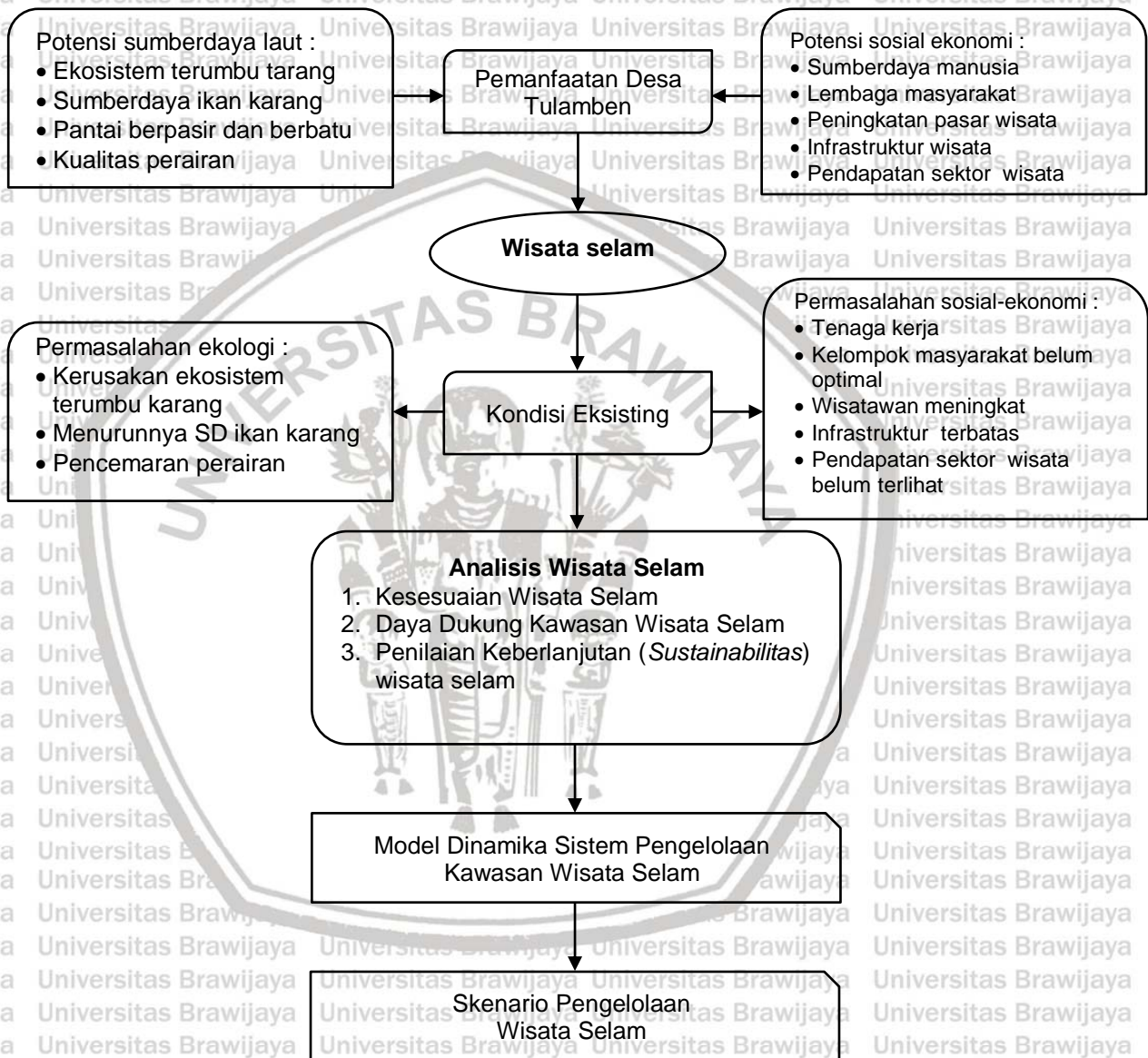
BAB III. KERANGKA KONSEP PENELITIAN

3.1. Kerangka Konseptual Penelitian

Pulau Bali merupakan kepulauan yang memiliki potensi sumberdaya keanekaragaman hayati yang sangat tinggi. Salah satu potensi Pulau Bali adalah terumbu karang dan ikan karang. Potensi tersebut merupakan pengembangan kegiatan wisata. Kegiatan wisata yang sangat dominan di Pulau Bali adalah wisata bahari. Kegiatan wisata bahari memiliki dampak yang sangat berpengaruh terhadap lingkungan pesisir dan laut, sehingga membutuhkan model pengelolaan yang dapat mendukung kegiatan wisata. Sejauh ini model pengelolaan wisata bahari di Pulau Bali masih dilakukan secara sektoral, sehingga tidak menutup kemungkinan akan menimbulkan masalah terhadap lingkungan dan masyarakat pesisir.

Wisata bahari memiliki potensi untuk dikembangkan sehingga mencapai pemanfaatan yang maksimal. Akan tetapi, adanya kecenderungan pembangunan wisata yang tidak didasarkan pada kaidah keberlanjutan sehingga melebihi daya dukung kawasan. Selain itu, peranan masyarakat lokal dalam menjaga kelestarian lingkungan dan kesejahteraan ekonomi masyarakat yang masih terbatas. Pertumbuhan pengunjung wisata bersifat *sigmoid* dan persepsi masyarakat bernilai negatif dengan pengelolaan yang tidak tepat. Selain itu, pembangunan wisata tidak terkendali dapat menempatkan tekanan pada daya dukung pesisir dengan menurunkan aset ekologis dan warisan budaya daerah. Fungsi ekologi pantai dipengaruhi oleh adanya gangguan terhadap keseimbangan ekologi seperti eutrofikasi dan ketidakstabilan struktur di pantai memiliki efek negatif pada fauna dan flora terutama spesies endemik (Burak, Dogan dan Gazioğlu, 2004). Salah satu cara untuk mengatasi masalah terhadap

degradasi lingkungan dan masyarakat pesisir yang berpengaruh terhadap wisata bahari yaitu dengan membuat konsep model dinamik pengelolaan wisata bahari khususnya wisata selam. Berikut gambar kerangka konsep penelitian ini tertera dalam Gambar 3.1.



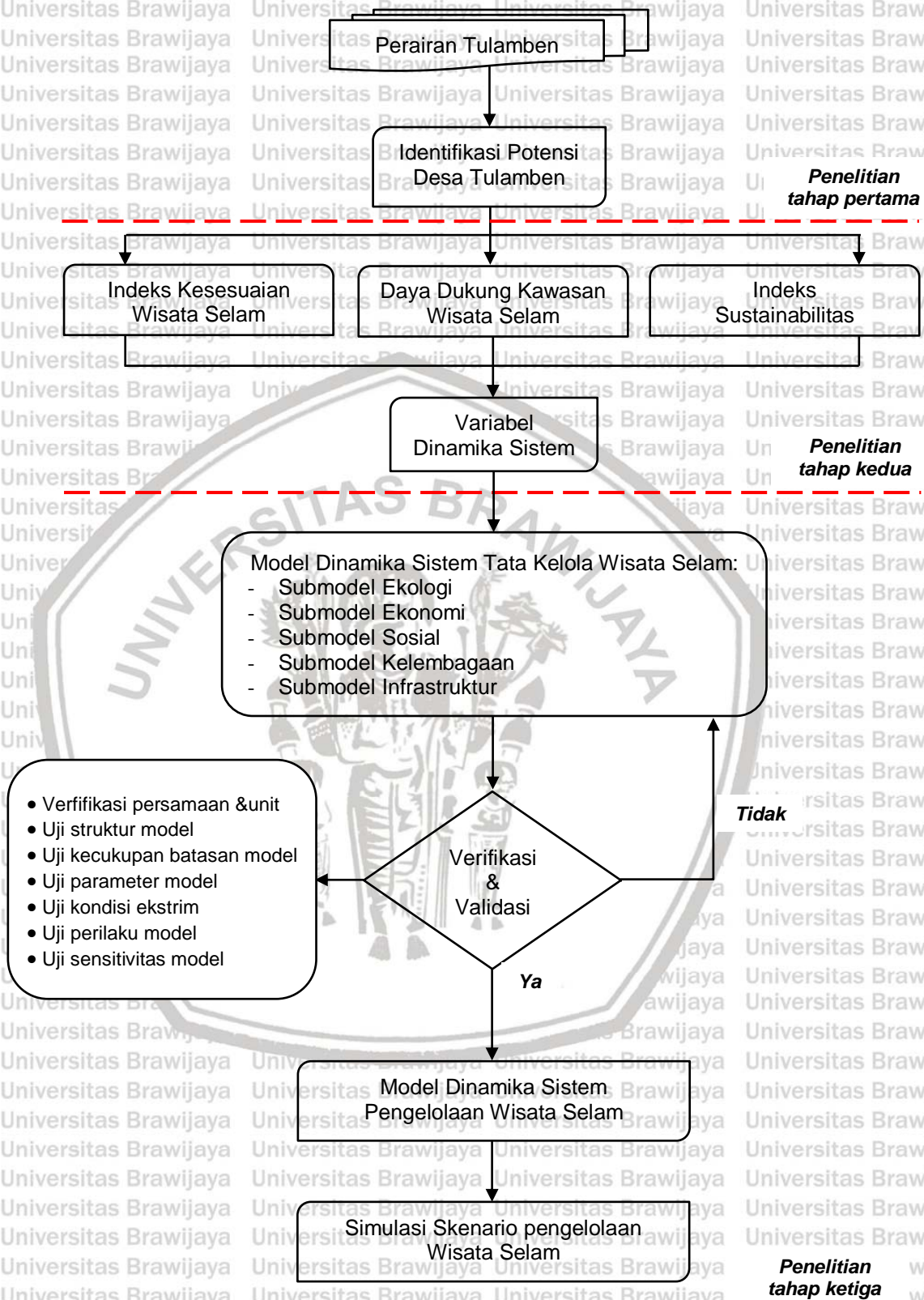
Gambar 3.1. Kerangka konseptual penelitian

3.2. Kerangka Operasional

Penelitian model pengelolaan wisata selam ini bersifat eksploratif dimana penelitian dilakukan secara bertahap. Penelitian ini disusun dengan 3 tahap, dimana dari ketiga tahap tersebut saling berkaitan. Penelitian tahap pertama yaitu identifikasi potensi Desa Tulamben. Penelitian pada tahap kedua yaitu menganalisis kesesuaian wisata selam, analisis daya dukung kawasan wisata serta analisis keberlanjutan pengelolaan kawasan wisata selam. Pada tahap ketiga menganalisis pemodelan dinamika sistem pengelolaan wisata selam.

Berikut gambar kerangka operasiaonal penelitian tertera dalam Gambar 3.2.

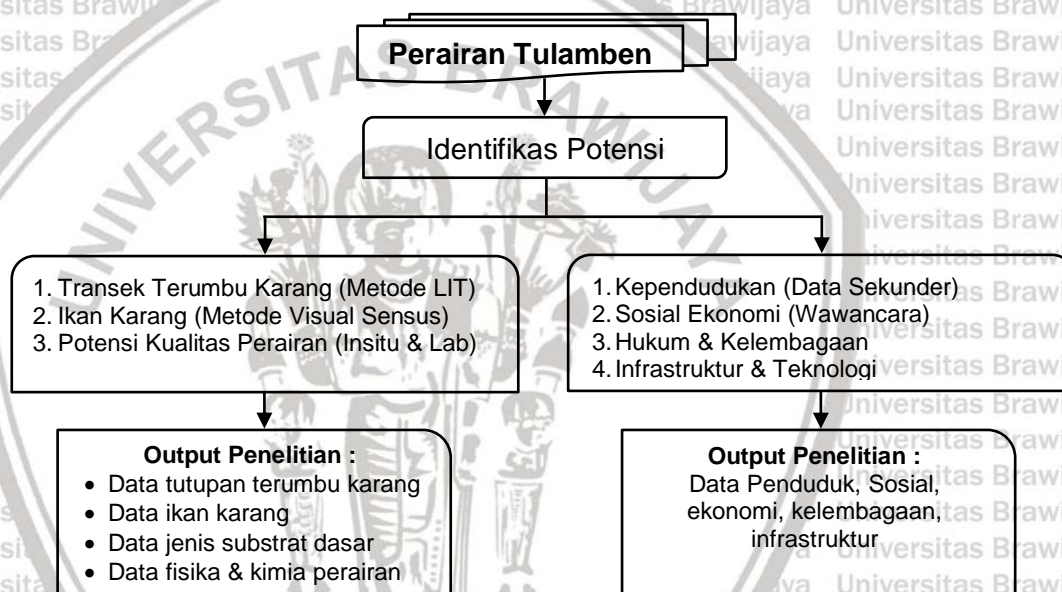




Gambar 3.2. Kerangka operasional penelitian

3.2.1. Kerangka Operasional Penelitian Tahap I

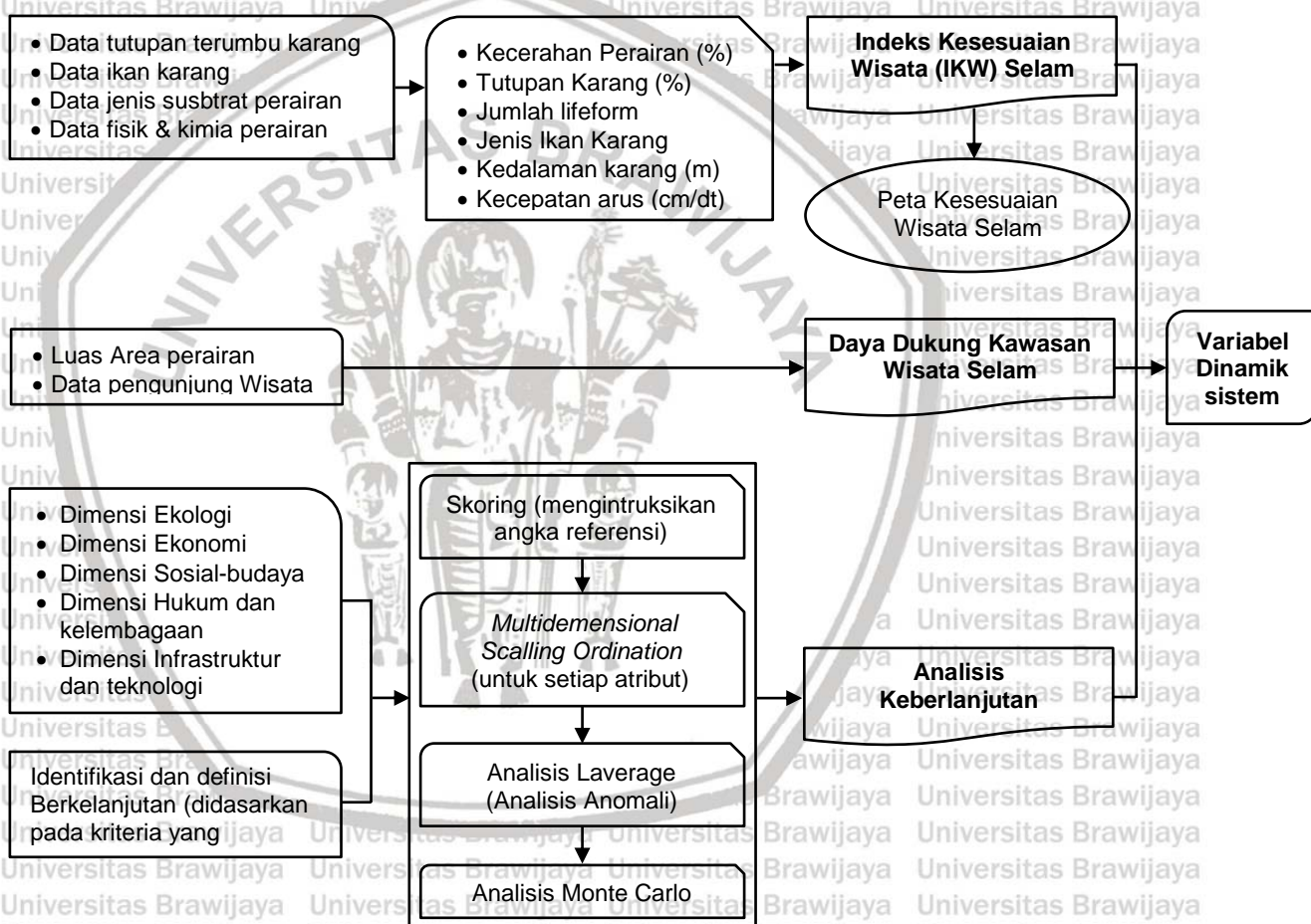
Pada penelitian tahap pertama dilakukan identifikasi potensi ekologi dan kependudukan di lokasi penelitian. Pengambilan data ekologi dilakukan dengan melakukan penyelaman guna mengetahui persentase tutupan terumbu karang, jenis ikan karang dan pengukuran kualitas perairan secara fisika dan kimia. Selain data ekologi, penelitian pada tahap pertama juga dilakukan identifikasi kependudukan, sosial, ekonomi, kelembagaan dan infrastruktur. Berikut kerangka operasional penelitian tahap pertama tertera dalam Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Kerangka operasional penelitian tahap pertama

3.2.2. Kerangka Operasional Penelitian Tahap II

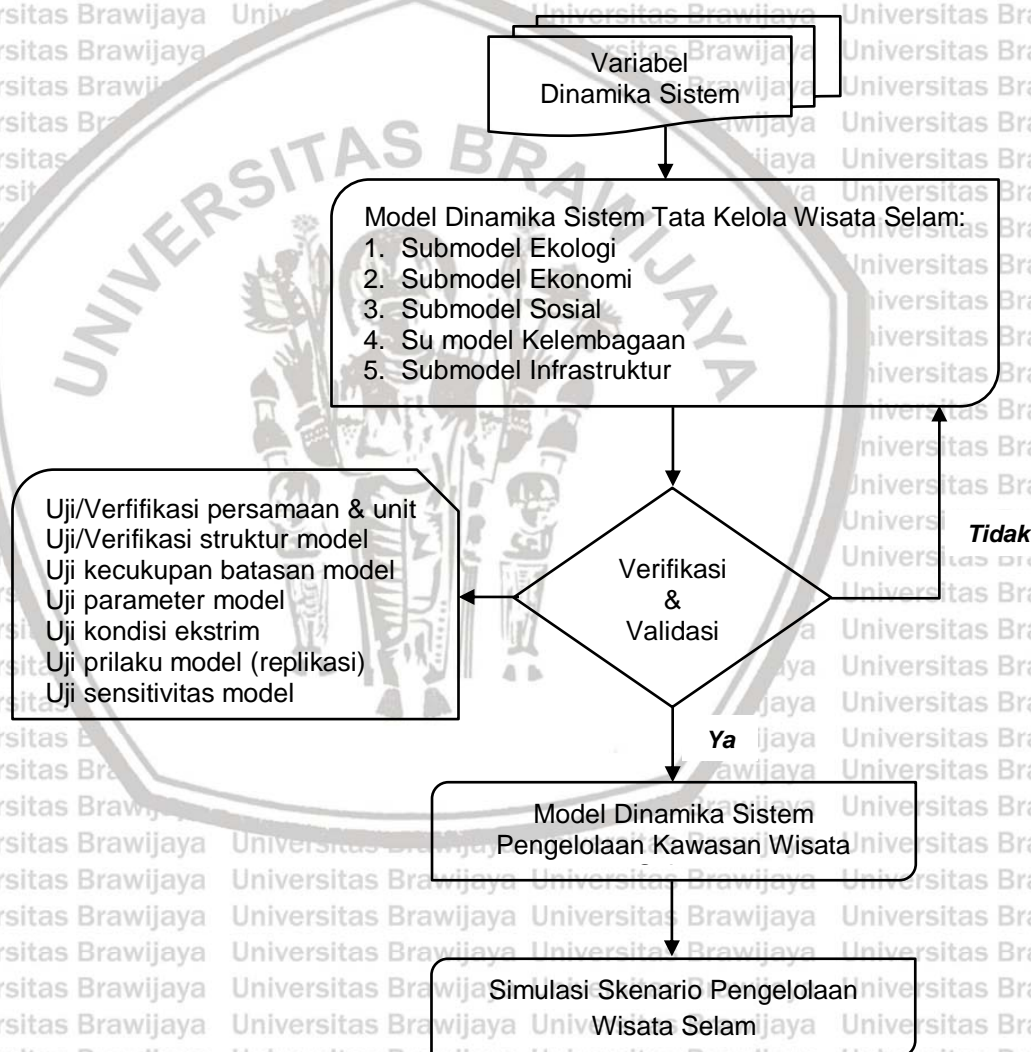
Pada Penelitian Tahap kedua merupakan penelitian lanjutan dari penelitian tahap pertama, pada tahap kedua menganalisis indeks kesesuaian wisata selam, daya dukung wisata selam dan analisis keberlanjutan wisata selam. Hasil dari ketiga analisis tersebut menjadi acuan variabel dalam penyusunan model dinamika sistem. Berikut kerangka operasional penelitian tahap kedua tertera dalam Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Kerangka operasional penelitian tahap kedua

3.2.3. Kerangka Operasional Penelitian Tahap III

Penelitian tahap ketiga adalah penelitian tahap akhir. Penelitian tahap ketiga dilakukan simulasi model dinamika sistem untuk mengetahui model pengelolaan yang layak untuk lokasi penelitian. Dari hasil model dinamika sistem akan diarahkan untuk menentukan skenario pengelolaan kebijakan pengelolaan kawasan wisata selam. Berikut Kerangka operasional penelitian tahap ketiga tertera dalam Gambar 3.5.



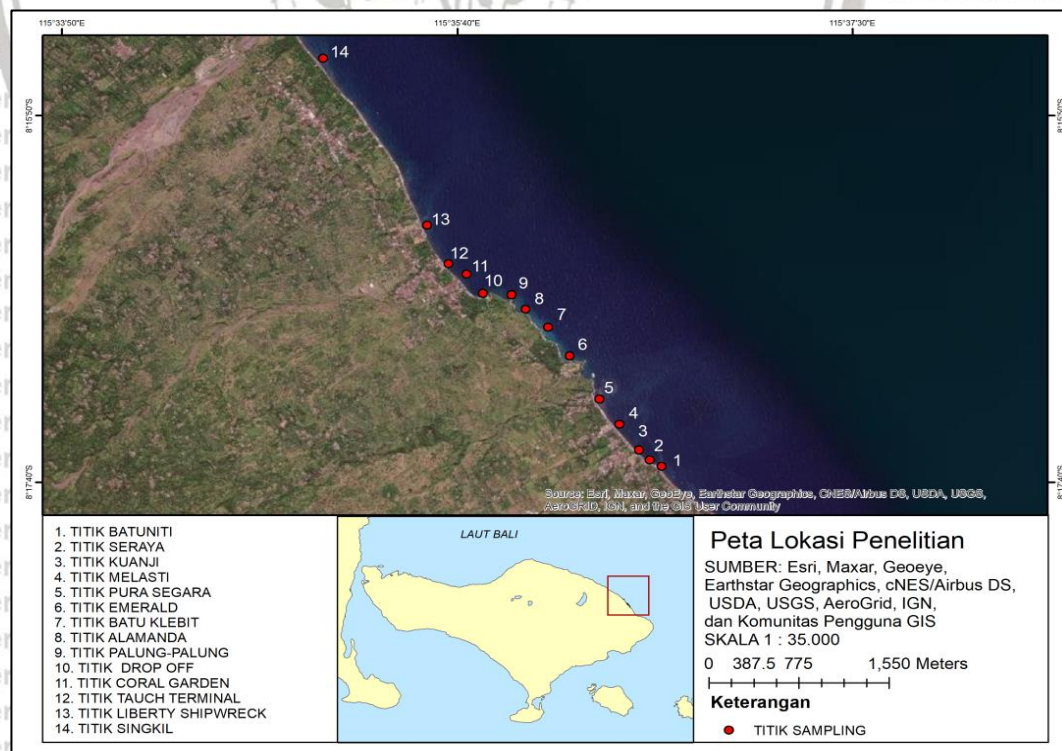
Gambar 3.5. Kerangka operasional penelitian tahap ketiga

BAB IV. METODE PENELITIAN

4.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Desa Tulamben Kecamatan Kubu bagian utara Kabupaten Karangasem Bali. Secara geografis, lokasi penelitian wisata selam Tulamben berbatasan langsung beberapa desa yaitu di sebelah utara berbatasan dengan Desa Dukuh, sebelah timur berbatasan dengan Desa Datar, selatan berbatasan dengan selat Lombok dan sebelah barat berbatasan dengan Desa Kubu.

Penelitian ini terdapat 14 titik sampling, dimana pada lokasi titik sampling mengikuti titik penyelaman yang sudah ada di Tulamben dan merupakan titik penyelaman yang banyak diminati oleh penyelam. Waktu penelitian dilakukan mulai dari Bulan Agustus 2019 sampai Bulan November 2020. Berikut peta titik lokasi penelitian tertera dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Peta lokasi penelitian dan titik sampling

4.2. Alat dan Bahan Penelitian

Tabel 4.1. Alat dan bahan penelitian

No	Alat/Bahan	Kegunaan	Keterangan
1	Peralatan Scuba	Penyelaman	
2	Alat Tulis Bawah Air	Untuk mencatat	
3	Kamera Underwater	Dokumentasi bawah air	
4	Global Positioning System (GPS)	Penentuan koordinat lokasi survei	
5	Roll Meter	Pengukuranutupan terumbu karang	100 meter
6	CTD (Conductivity Temperature Depth)	Mengukur <i>sound speed</i> , konduktivitas, suhu, salinitas, kedalaman dan pH perairan	
7	Botol Sampel	Wadah sampel air	
8	Seperangkat komputer	Pengolahan data	
9	STELLA Versi 9.1.3	Pemodelan dinamika sistem	Software open source
10	Kusioner	Untuk menggali data sosial ekonomi dan kependudukan	

4.3. Jenis dan Sumber Data Penelitian

Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang dikumpulkan melalui observasi dan pengukuran langsung terhadap obyek penelitian di lapangan. Jenis data dan metode yang digunakan dalam pengumpulan data dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Jenis data parameter kualitas perairan

No	Parameter	Baku Mutu	Alat dan Metode	Keterangan
Fisika				
1	Kecerahan (%)	>6	sechidisk	Insitu
2	Kekeruhan (NTU)	5	Turbidimeter	Insitu
3	TSS (mg/l)	20	Gravimetri	Laboratorium
Kimia				
1	pH	7 – 8,5	pH meter	Insitu
2	Salinitas (‰)	alami	Refraktometer	Insitu

3	Suhu ($^{\circ}$ C)	alami	Termometer	Insitu
4	Oksigen Terlarut (mg/l)	>5	Yodometri	Laboratorium
5	BOD5 (mg/l)	10	Tritrimetri	Laboratorium
6	COD (mg/l)	-	Tritrimetri	Laboratorium
7	Amoniak bebas (mg/l)	Nihil	Spektrofotometer	Laboratorium
8	Fosfat (mg/l)	0,015	Spektrofotometer	Laboratorium
9	Nitrat (mg/l)	0,008	Spektrofotometer	Laboratorium

Logam Terlarut

1	Raksa (Hg) (mg/l)	0,002	Spektrofotometri atom	Laboratorium
2	Kromium (Cr) (mg/l)	0,002	Spektrofotometri atom	Laboratorium
3	Arsen (As) (mg/l)	0,025	Spektrofotometri atom	Laboratorium
4	Cadmium (Cd) (mg/l)	0,002	Spektrofotometri atom	Laboratorium
5	Tembaga (Cu) (mg/l)	0,050	Spektrofotometri atom	Laboratorium
6	Timbal (Pb) (mg/l)	0,005	Spektrofotometri atom	Laboratorium
7	Seng (Zn) (mg/l)	0,095	Spektrofotometri atom	Laboratorium
8	Nikel (Ni) (mg/l)	0,075	Spektrofotometri atom	Laboratorium

Biologi-Non Biologi

1	Coliform (MPN/100 ml)	200 ⁹		Laboratorium
2	Tutupan terumbu karang (%)	-	Meteran/LIT	Insitu/Primer
3	Kelimpahan Ikan karang (ind/500m ²)	-	Visual Sensus	Insitu/Primer

Hydrooseanografi

1	Kecepatan Arus (cm./det)	-	-	Insitu/Primer
2	Kedalaman (m)	-	-	Insitu/Primer

Sumber : (Kementerian Lingkungan Hidup RI, 2004)

4.4. Metode Analisis

Hasil data yang terkumpul selanjutnya dikelompokkan berdasarkan kepentingan analisis untuk menjawab permasalahan dan tujuan penelitian.

Analisis dalam penelitian ini terdiri dari beberapa analisis yaitu analisis kualitas perairan menggunakan metode STORET, Analisis Persentase Tutupan Terumbu

Karang menggunakan metode LIT (*Line Intercept Transect*), analisis ikan karang

menggunakan metode UVC (*Underwater Visual Census*), analisis kesesuaian

wisata menggunakan metode Indeks Kesesuaian Wisata (IKW), analisis daya

dukung ekologi menggunakan metode indeks daya dukung wisata, analisis

keberlanjutan pengelolaan wisata menggunakan metode *multidimensional*

scaling (MDS) dan Analisis Pemodelan menggunakan metode model dinamika

sistem.

4.4.1. Analisis Kualitas Perairan

Data Kualitas Perairan dilakukan dengan cara pengambilan data beberapa parameter kualitas perairan di 14 titik stasiun yang disesuaikan dengan lokasi tempat pengamatan terumbu karang. Parameter kualitas air dianalisis dengan metode pengamatan secara insitu dan analisis laboratorium.

Penentuan status pencemaran perairan ditentukan dengan menggunakan status mutu air dengan metode *STORET* sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Metode *STORET* merupakan salah satu metoda untuk menentukan status mutu air yang umum digunakan. Secara prinsip, metode *STORET* adalah membandingkan antara data kualitas air dengan baku mutu air yang disesuaikan dengan peruntukannya guna menentukan status mutu air. Cara untuk menentukan status mutu air adalah dengan menggunakan sistem nilai dari “*US-EPA (Environmental Protection Agency)*” dengan klasifikasi mutu air dalam empat kelas yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Klasifikasi mutu air dengan metode *STORED*

Klasifikasi	Kriteria	Skor	Status Pencemaran
Kelas A	baik sekali	0	memenuhi baku mutu
Kelas B	baik	-1 s/d -10	cemar ringan
Kelas C	sedang	-11 s/d -30	cemar sedang
Kelas D	buruk	≥-31	cemar berat

PP 82 Tahun 2001 menetapkan klasifikasi mutu air menjadi 4 (empat) kelas, yaitu: (1) Kelas I, untuk bahan baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut; (2) Kelas II, untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan

mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut; (3) Kelas III, untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut; serta (4) Kelas empat, untuk mengairi, pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Penentuan status mutu air metode *STORET* dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu :

1. Nilai negatif (-) diberikan bila hasil analisis melampaui atau tidak memenuhi syarat baku mutu;
2. Nilai nol (0) diberikan bila hasil analisis memenuhi syarat baku mutu;
3. Nilai parameter bakteriologi = 3x nilai parameter fisika;
4. Nilai parameter kimia = 2x nilai parameter fisika;
5. Bila angka rata-rata parameter hasil analisis melampaui baku mutu, diberi nilai = 3x nilai yang diberikan pada parameter maksimum atau minimum yang melampaui baku mutu;
6. Jumlah percontoh dari suatu stasiun yang ≥ 10 , diberi nilai = 2x dari jumlah percontoh < 10 ;
7. Jumlah nilai negatif (-) seluruh parameter dihitung dan ditentukan status mutunya dengan melihat skor yang didapat Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Penentuan sistem nilai untuk menentukan status mutu air

Jumlah Contoh ¹⁾	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
< 10	Maksimum	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Rata-rata	-3	-6	-9
≥ 10	Maksimum	-2	-4	-6
	Minimum	-2	-4	-6
	Rata-rata	-6	-12	-18

Sumber : Canter (1977)

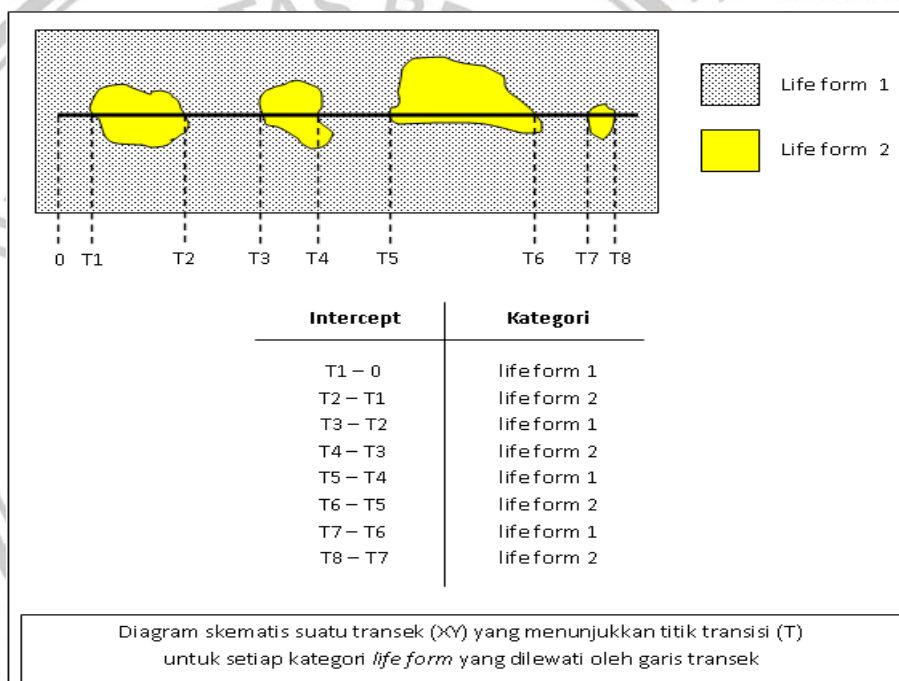
Catatan : ¹⁾ jumlah parameter yang digunakan untuk penentuan status mutu air.

4.4.2. Analisis Persentase Tutupan Terumbu Karang

Pengamatan biota benthik terumbu karang menggunakan metode *LIT* (*Line Intercept Transect*) (English, Wilkinson dan Baker 1997); (Wilkinson 2008).

Metode *LIT* merupakan metode yang paling sering digunakan, ditujukan untuk menentukan komunitas benthik sesil di terumbu karang berdasarkan bentuk pertumbuhan dalam satuan persen, dan mencatat jumlah biota benthik yang ada sepanjang garis transek. Komunitas dicirikan dengan menggunakan kategori *lifeform* yang memberikan gambaran deskriptif morfologi komunitas karang.

Teknik pengambilan data terumbu karang seperti yang terlihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2. Pengambilan data terumbu karang dengan metode *LIT*

Pencatatan data terumbu karang dengan metode *LIT* menggunakan 28 kategori bentuk pertumbuhan karang. Daftar *lifeform* dan masing-masing kode bentuk pertumbuhan terumbu karang disajikan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Daftar kode bentuk pertumbuhan terumbu karang

Kategori	Kode	Kategori	Kode
Karang Keras (<i>Hard Coral</i>)		Ganggang (<i>Algae</i>)	
Golongan Acropora		• Macro	MA
• Branching	ACB	• Turf	TA
• Encrusting	ACE	• Coralline	CA
• Submassive	ACS	• Halimeda	HA
• Tabulate	ACT	• Alga Assemblage	AA
Golongan Non Acropora		Fauna Lain (<i>Other Fauna</i>)	
• Branching	CB	• Soft Corals	SC
• Encrusting	CE	• Sponge	SP
• Foliose	CF	• Zoanthids	ZO
• Massive	CM	• Others	OT
• Submassive (<i>digitate</i>)	CS		
• Mushroom	CMR	Golongan Bukan Hayati (<i>Abiotic</i>)	
• Millepora (<i>fire coral</i>)	CME	Sand	S
• Heliopora (<i>blue coral</i>)	CHL	Rubble	R
Karang Mati (<i>dead scleractinia</i>)		Silt	SI
• Dead Coral	DC	Water	WA
• Dead Coral (<i>with algae</i>)	DCA	Rock	RC

Analisis persentase tutupan terumbu karang digunakan untuk menduga kondisi terumbu karang pada suatu lingkungan. Interpretasi data yang diambil dengan metode *LIT*. Rumus yang digunakan untuk menghitung penutupan biota karang:

$$Li = \frac{ni}{L} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan : Li : persentase penutupan biota karang ke- i
 ni : panjang total kelompok biota karang ke- i
 L : panjang total transek garis (100 meter)

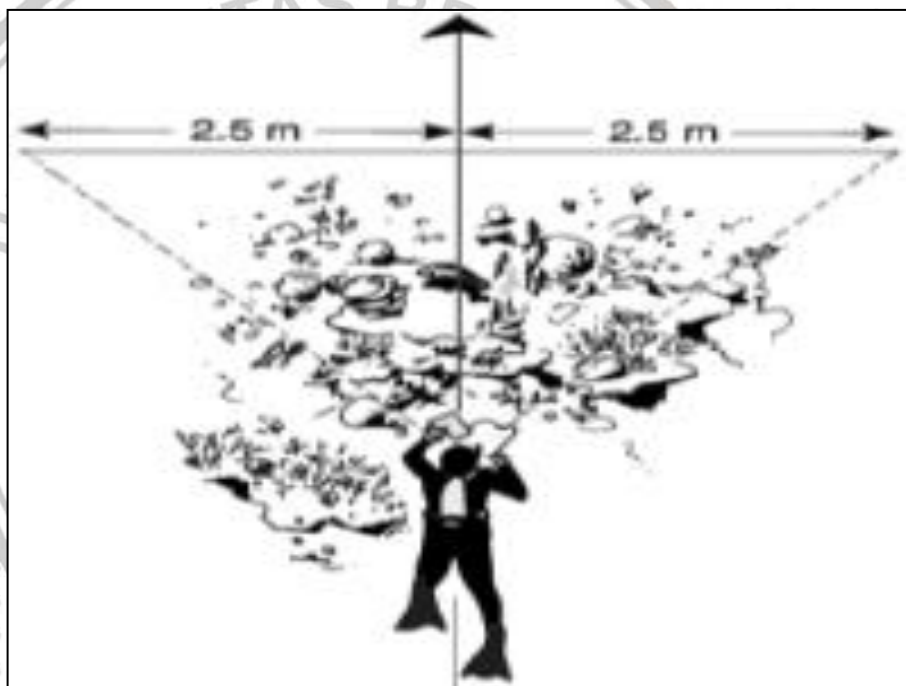
Tabel 4.6. Kriteria persentase tutupan terumbu karang hidup

Parameter	Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang (%)	
Persentase Rusak	Buruk	0 – 24,9
Tutupan Terumbu	Sedang	25 – 49,9
Karang Keras	Baik	50 – 74,9
	Baik Sekali	75 – 100

(Sumber: (Gomez and Yap, 1988))

4.4.3. Analisis Kelimpahan dan Struktur Komunitas Ikan Karang

Pengambilan data ikan karang menggunakan metode *UVC* (*Underwater Visual Census*) atau sensus visual bawah air (Dartnall and Jones, 1986), dimana setiap stasiun pada kedalaman 5-7 meter diletakkan transek berukuran 100 meter sebagai patokan dalam pengambilan data (mengikuti teknik *Line Intercept Transect*). Ikan-ikan yang dijumpai pada jarak 2,5 m disebelah kiri dan sebelah kanan garis transek sepanjang 100 m dicatat jenis dan jumlahnya. Luas bidang yang teramati per transeknya, yaitu $(5 \times 100) = 500 \text{ m}^2$. Teknik pengambilan data ikan karang seperti yang terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Pengambilan data ikan karang dengan teknik UVC

Identifikasi jenis ikan karang mengacu pada buku Labrosse *et al.*, (2002); Kuitert and Tonozyuka (2001); Kuitert and Tonozyuka (2012a); Kuitert and Tonozyuka (2012b); Gerald *et al.*, (2003). Data yang diperoleh adalah kelimpahan ikan karang dalam satuan unit individu/m². Hasil pengamatan ikan karang kemudian dianalisis untuk identifikasi jenis serta jumlah ikan karang yang ditemukan di

lokasi penelitian. Jenis ikan yang didata dikelompokkan ke dalam kelompok ikan karang berdasarkan peranan (English *et al.*, 1997), yaitu :

1. Ikan target, yaitu ikan ekonomis penting dan biasa ditangkap untuk konsumsi. Biasanya ikan-ikan ini menjadikan terumbu karang sebagai tempat pemijahan dan daerah asuhan. Ikan-ikan target ini diwakili oleh suku Serranidae (ikan kerapu), Lutjanidae (ikan kakap), Lethrinidae (ikan lencam), Nemipteridae (ikan kurisi), Caesionidae (ikan ekor kuning), Siganidae (ikan baronang), Haemulidae (ikan bibir tebal), Scaridae (ikan kakak tua), dan Acanthuridae (ikan pakol);
2. Ikan indikator, yaitu jenis ikan karang yang khas mendiami daerah terumbu karang dan menjadi indikator kesuburan ekosistem daerah tersebut. Ikan-ikan indikator diwakili oleh suku Chaetodontidae (ikan kepe-kepe);
3. Ikan major, merupakan jenis ikan berukuran kecil, umumnya 5–25 cm, dengan karakteristik pewarnaan yang beragam sehingga dikenal sebagai ikan hias. Kelompok ini umumnya ditemukan melimpah, baik dalam jumlah individu maupun jenisnya serta cenderung bersifat teritorial. Ikan-ikan ini sepanjang hidupnya berada di terumbu karang, diwakili oleh suku Pomacentridae (ikan betok laut), Apogonidae (ikan serinding), Labridae (ikan sapu-sapu), dan Blenniidae (ikan peniru).

Indeks Keanekaragaman (H')

Indeks keanekaragaman (H') digunakan untuk mendapatkan gambaran populasi melalui jumlah individu masing-masing jenis dalam suatu komunitas.

Indeks keanekaragaman yang paling umum digunakan adalah indeks Shannon-Weiner dengan persamaan:

$$(H') = - \sum p_i \ln p_i \text{ dengan } p_i = \frac{n_i}{N} \quad (2)$$

Keterangan :

H' : Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

n_i : jumlah kehadiran individu jenis ke- i

N : jumlah total kehadiran individu seluruh jenis.

p_i : Perbandingan jumlah ikan karang spesies ke- i (n_i) terhadap jumlah total ikan karang

Kriteria indeks keanekaragaman Shannon-wiener untuk ikan karang adalah :

$H' \leq 1$: keanekaragaman jenis rendah

$1 < H' \leq 3$: keanekaragaman sedang

$H' > 3$: keanekaragaman jenis tinggi

Indeks Keseragaman (E)

Indeks keseragaman (E) menggambarkan jumlah individu antar spesies dalam suatu komunitas ikan. Semakin merata penyebaran individu antar spesies maka keseimbangan ekosistem akan semakin meningkat. Rumus yang digunakan adalah (Odum, 1993) :

$$E = \frac{H'}{H'_{\max}} = \frac{H'}{\ln s} \quad \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

E : Indeks keseragaman Shannon-wiener

$H'_{\max} (\ln s)$: keseimbangan spesies dalam keseimbangan maksimum

Kriteria indeks berkisar 0 – 1 dengan kriteria :

$E \leq 0,4$: keseragaman kecil, komunitas tertekan

$0,4 \leq E \leq 0,6$: keseragaman sedang, komunitas labil

$E > 0,6$: keseragaman tinggi, komunitas stabil

Indek Dominansi (C)

Rumus yang digunakan untuk Nilai indeks dominansi pada jenis ikan karang adalah sebagai berikut (Odum, 1993):

$$C = \sum_{i=1}^s (p_i^2) \quad \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

D : Indeks dominansi Shonnon-wiener

s : jumlah spesies ikan

pi : Perbandingan jumlah ikan karang spesies ke-i (n_i) terhadap jumlah total ikan karang (N) = n_i/N

Kisaran indeks dominansi adalah sebagai berikut :

$0,00 \leq D \leq 0,30$: Dominansi rendah

$0,30 \leq D \leq 0,60$: Dominansi sedang

$0,60 \leq D \leq 1,00$: Dominansi tinggi

4.4.4. Analisis Kesesuaian Wisata Selam

Kesesuaian wisata kategori wisata selam mempertimbangkan enam parameter dengan empat klasifikasi penilaian. Parameter kesesuaian wisata kategori wisata selam dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Matriks kesesuaian wisata bahari kategori wisata selam.

No	Parameter	Bobot	Kelas S1	Skor	Kelas S2	Skor	Kelas S3	Skor	Kelas N	Skor
1	Kecerahan Perairan (%)	5	>80	3	50-80	2	20 - <50	1	<20	0
2	Tutupan Karang (%)	5	>75	3	>50-75	2	25 - 50	1	<25	0
3	Jumlah Life form	3	>12	3	<7-12	2	4 - 7	1	<4	0
4	Jumlah Jenis Ikan Karang	3	>100	3	50-100	2	20-<50	1	<20	0
5	Kecepatan arus (cm/dt)	1	0-15	3	>15-30	2	>30 - 50	1	>50	0
6	Kedalaman karang (m)	1	6-15	3	15-20	2	>20-30	1	>30	0

Sumber : (Yulianda, 2007)

Keterangan : - Jumlah = Skor x bobot, Nilai maksimum = 54

Kelas kesesuaian wisata berkisar dari kelas sangat sesuai, cukup sesuai, sesuai bersyarat hingga tidak sesuai. Penetapan kawasan wisata kategori selam menggunakan rumus sebagai berikut:

$$IKW = \sum \left[\frac{N_i}{N_{maks}} \right] \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

IKW : Indeks Kesesuaian Wisata

N_i : Nilai parameter ke- i (Bobot x Skor)

N_{maks} : Nilai Maksimum dari suatu kategori wisata

Penentuan kesesuaian berdasarkan perkalian skor dan bobot yang diperoleh dari setiap parameter. Kesesuaian kawasan dilihat dari tingkat persentase kesesuaian yang diperoleh dari penjumlahan nilai keseluruhan parameter. Persentase tersebut dibagi dalam kelas kesesuaian yang didefinisikan dan dimodifikasi dalam Tabel 4.8 sebagai berikut :

Tabel 4.8. Kelas kesesuaian wisata selam

No	Kelas Kesesuaian	Keterangan
1	Sangat Sesuai (S1) : IKW > 75 %	Lahan atau kawasan yang tidak mempunyai faktor pembatas yang berarti yang mempunyai pengaruh nyata terhadap penggunaannya. Tidak akan menaikkan masukan/tingkatan perlakuan yang diberikan.
2	Sesuai (S2) : IKW >50-75 %	Lahan atau kawasan yang mempunyai faktor pembatas yang agak serius untuk mempertahankan tingkat perlakuan yang harus diterapkan. Pembatas akan meningkatkan perlakuan yang diberikan
3	Sesuai Bersyarat (S3) : IKW 25-50 %	Lahan atau kawasan yang mempunyai faktor pembatas yang serius untuk mempertahankan tingkat perlakuan yang harus diterapkan. Pembatas akan lebih meningkatkan perlakuan yang diberikan
4	Tidak Sesuai (N) : IKW <25 %	Lahan atau kawasan yang mempunyai faktor pembatas permanen, sehingga tidak sesuai untuk dikembangkan ke dalam suatu peruntukan

Hasil analisis untuk parameter kesesuaian wisata selam dari masing-masing titik dilakukan import ke *software Quantum QGIS* sesuai dengan koordinat lokasi yang disediakan. Tahapan yang dilakukan yaitu input data dengan format .txt, kemudian didefinisikan kolom dengan informasi koordinat bujur dan lintangnya. Data koordinat yang telah diplot tersebut kemudian disimpan dalam format data *ESRI Shapefile (.shp)* dengan kategori data *point*. Data *point* tersebut kemudian dilakukan interpolasi untuk mendapatkan sebaran secara spasial pada *area of*

interest yang disediakan yakni disekitar Perairan Tulamben. Metode interpolasi yang digunakan adalah *Inverse Distance Weight* (IDW). Hasil dari interpolasi tersebut kemudian dilakukan reklasifikasi berdasarkan kategori kelas kesesuaian wisata selam berdasarkan Tabel 4.8.

4.4.5. Analisis Daya Dukung Wisata Selam

Analisis daya dukung ekologi ditujukan untuk menganalisis jumlah maksimum wisatawan yang melakukan kegiatan ekowisata pesisir dalam suatu kawasan (terumbu karang, mangrove dan pantai berpasir), tanpa mengganggu keseimbangan ekosistem tersebut. Gangguan keseimbangan diakibatkan oleh kerusakan biofisik secara langsung dari wisata pesisir dan secara tidak langsung melalui pencemaran. Berdasarkan sumber gangguan ekosistem tersebut, maka pendekatan yang digunakan adalah pendekatan kawasan obyek wisata yang rentan terhadap kerusakan langsung dan pendekatan maksimum beban limbah.

Konsep daya dukung wisata di ekosistem terumbu karang, belum mampu menghasilkan sebuah nilai numerik yang menentukan jumlah wisatawan dan penyelam, tetapi dinilai melalui kriteria yang dapat mempengaruhi kapasitas dan menyebabkan penurunan dalam kapasitas tersebut. Konsep tradisional dari daya dukung adalah bukan tanpa pembatasan-pembatasan daya dukung itu sendiri, dan dimodifikasi untuk melihat tindakan-tindakan yang mungkin diambil untuk meminimalkan atau membatasi dampak antropogenik yang bersifat merugikan terhadap lingkungan terumbu karang (Akbar, 2013).

Daya dukung ekologi wisata selam ini dimaksudkan hanya dilakukan untuk menikmati ekosistem terumbu karang, atau dapat dikatakan wisata selam tersebut dilakukan di perairan yang terdapat ekosistem terumbu karang. Estimasi daya dukung kegiatan pemanfaatan kawasan konservasi untuk kegiatan mengikuti ketentuan Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1994 tentang

pengusahaan pariwisata alam di zona pemanfaatan taman nasional dan taman wisata alam yakni 10 % dari luas zona pemanfaatan. Berdasarkan pertimbangan tersebut, Hutabarat *et al.* (2009) membuat suatu formulasi dalam menghitung daya dukung kawasan untuk kegiatan wisata pesisir (wisata selam) di kawasan konservasi tersaji dalam persamaan 6 :

$$DDW = 0,1 \left[K \frac{L_p W_t}{L_t W_p} \right] \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

DDW : Daya dukung kawasan untuk ekowisata pesisir

K : Maksimum wisatawan per satuan unit area

L_p : Luas area atau panjang area yang dapat dimanfaatkan

L_t : Unit area untuk kategori tertentu

W_t : Waktu yang disediakan kawasan untuk kegiatan wisata per hari

W_p : Waktu yang dihabiskan oleh pengunjung untuk setiap kegiatan

Nilai maksimum wisatawan (*K*) per satuan unit area (*L_t*) untuk setiap kategori wisata selam disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Potensi maksimum per unit area kategori wisata Selam

Kegiatan	Jumlah Wisatawan (K)/(org)	Unit Area (<i>L_t</i>)	Keterangan
Selam	2	1000 m ²	Setiap 2 org dalam 100 m x 10 m

Sumber : (Devantier and Turak 2004)

Setiap wisatawan selam memerlukan nilai konstanta waktu dalam sehari yang diperlukan dalam melakukan kegiatan wisata selam.. Waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan wisata selam disajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Waktu yang digunakan untuk setiap kegiatan wisata

Kegiatan	Waktu yang di butuhkan, <i>W_p</i> (jam)	Waktu yang tersedia, <i>W_t</i> (jam)
Selam	2	8

Sumber : (Devantier dan Turak 2004)

4.4.6. Analisis Keberlanjutan Pengelolaan Wisata Selam

Metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi dan tingkat keberlanjutan pengelolaan wisata selam saat ini dan hasil penyusunan skenario untuk masa yang akan datang, maka dilakukan analisis keberlanjutan dengan menggunakan metode *rapid appraisal* menggunakan analisis *Rap-Mad*. Analisis keberlanjutan menggunakan analisis *multidimensional scaling*, analisis *leverage*, analisis *Monte Carlo*, penentuan nilai *stress* dan nilai *koefisien determinasi* (R^2).

Data dalam analisis keberlanjutan pengelolaan wisata selam Tulamben bersumber dari data sosial, ekonomi, kelembagaan dan infrastruktur yang diperoleh dari dinas terkait dan wawancara langsung dengan responden menggunakan kuesioner. Kelompok contoh dalam penelitian ini meliputi kelompok pengelola wisata pesisir, wisatawan, masyarakat lokal, dan pegawai instansi yang terkait dengan pengelolaan pariwisata. Sumber data sosial, ekonomi, kelembagaan dan infrastruktur disajikan dalam Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Komponen data untuk masing-masing dimensi

No	Dimensi/Atribut	Keterangan	Skor	Cara Perolehan Data
Dimensi Ekologi				
1	Indeks Dominansi ikan karang	Berdasarkan indeks dominansi ikan karang	0=dominansi tinggi 1=dominansi sedang 2=dominansi rendah	Pengamatan dengan metode UVC
2	Indeks Keceragaman ikan karang	Berdasarkan indeks keceragaman ikan karang	0=keceragaman kecil 1=keceragaman sedang 2=keceragaman tinggi	Pengamatan dengan metode UVC
3	Indeks Keanekaragaman ikan karang	Berdasarkan indeks keanekaragaman ikan karang	0=rendah 1=sedang 2=tinggi	Pengamatan dengan metode UVC
2	Kedalaman perairan	Berdasarkan matrik kesesuaian wisata selam	0= >30 1= >20-30 2= >15-20 3= 6-15	Pengamatan secara insitu
3	Kecepatan arus	Berdasarkan matrik kesesuaian wisata selam	0= >50 1= >30-50 2= 15-30 3= 0-15	Pengamatan secara insitu
4	Kecerahan perairan	Berdasarkan matrik kesesuaian wisata selam	0= <20 1= 20-<50 2= 50-80 3= >80	Pengamatan secara insitu
5	Jumlah Jenis <i>life form</i>	Berdasarkan matrik kesesuaian wisata	0= <4 1= 4-7	Pengamatan dengan

		selam	2= <7-12	metode (LIT)
			3= >12	
6	Jumlah Jenis Ikan Karang	Berdasarkan matrik kesesuaian wisata selam	0= <20 1= 20-<50 2= 50-100 3= >100	Pengamatan dengan metode UVC
7	Persentaseutupan terumbu karang	Prosentaseutupan karang	0=Rusak buruk 1=Rusak sedang 2=Baik 3=Baik sekali	Pengamatan dengan metode (LIT)
8	Status Pencemaran	Baku mutu berdasarkan Kep Men LH51 tahun 2004	0=tercemar berat 1=tercemar sedang 2=tercemar ringan 3=memenuhi baku mutu	Analisis laboratorium
9	Daya dukung wisata selam	Berdasarkan daya dukung kawasan wisata	0=diatas DDK 1=sesuai DDK 2=sama dengan DDK 3= dibawah DDK	Hasil analisis DDK
10	Kesesuaian wisata selam	Berdasarkan indeks kesesuaian wisata kategori selam	0=tidak sesuai 1=sesuai bersyarat 2=sesuai 3=sangat sesuai	Hasil analisis IKW

Dimensi Ekonomi

1	Pendapatan asli daerah (PAD)	Peningkatan pendapatan asli daerah	0= menurun 1=tetap 2=meningkat 3=meningkat sangat tinggi	Data BPS
2	Anggaran konservasi	dana yang disediakan untuk konservasi	0=tidak tersedia 1=tersedia, tdk mencukupi 2= tersedia 3=tersedia dan mencukupi	wawancara masyarakat
3	Industri pariwisata	Keberadaan industri pariwisata pendukung wisata selam	0=tidak tersedia 1=tersedia, tdk mencukupi 2= tersedia 3=tersedia dan mencukupi	wawancara masyarakat
4	Tren keuntungan industri pariwisata	Keuntungan industri pariwisata per tahun	0=turun 1=stabil 2=meningkat 3=meningkat sangat tinggi	wawancara masyarakat
5	Keuntungan industri pariwisata	Perbandingan antara modal dan keuntungan	0=rugi 1=tidak untung 2=untung 3=untung sangat besar	wawancara masyarakat
6	Pendapatan masyarakat	Pendapatan masyarakat berdasarkan UMR	0= < UMR 1= sama dengan UMR 2= > UMR 3= > UMR 2x lipat	wawancara masyarakat
7	Peluang kerja	Trend penyerapan tenaga kerja lokal	0= menurun 1=stabil 2=meningkat 3= meningkat sangat tinggi	wawancara masyarakat
8	Usia Tenaga kerja	Komposisi tenaga kerja di bidang industri wisata	0=dominasi orang tua 1= dominasi dewasa 2= orang tua, dewasa & pemuda 3= didominasi pemuda	wawancara masyarakat
9	CSR (Corporate Social Responsibility) oleh pengusaha wisata	Frekuensi dana yang disediakan oleh pengusaha	0=tidak mendapat CSR 1=mendapat sangat kecil 2=insidental 3=tersedia rutin	wawancara masyarakat
10	Pertumbuhan industri pariwisata	Pertumbuhan industri pendukung wisata selam	0= menurun 1=stabil 2=meningkat	wawancara masyarakat

3= meningkat sangat tinggi

Dimensi Sosial Budaya

1	Pengetahuan masyarakat tentang pengelolaan wisata	Pengetahuan masyarakat tentang pengelolaan wisata selam	0=tidak tahu 1=rendah 2=sedang 3=tinggi	Wawancara masyarakat
2	Populasi penduduk	Jumlah peningkatan pertambahan penduduk	0= menurun 1=stabil 2=meningkat 3= meningkat sangat tinggi	informasi data dinas terkait
3	Peranan masyarakat	Peranan masyarakat terhadap pengelolaan wisata	0=tidak berperan 1=berperan rendah 2=berperan 3= sangat peranan	Wawancara masyarakat
4	Peranan pemerintah	Peranan pemerintah terhadap pengelolaan wisata	0=tidak ada 1=ada, tetapi terbatas 2=ada (penyuluhan) 3=ada (penyuluhan & aksi bersama)	Wawancara masyarakat dan informasi data dinas terkait
5	Daya tarik wisata	Persepsi wisatawan	0=Buruk 1=Sedang 2=Baik 3=Baik sekali	Wawancara wisatawan
6	Konflik sosial	Frekuensi konflik pemanfaatan lain, misal wisata pemancingan	0=sering terjadi 1= kadang-kadang 2= pernah terjadi 3=tidak pernah	Wawancara masyarakat dan informasi data dinas terkait
7	Jumlah wisatawan (penyelam)	Peningkatan jumlah wisatawan dalam beberapa tahun terakhir	0=rendah 1=sedang 2=tinggi 3=sangat tinggi	Wawancara masyarakat dan informasi data dinas terkait
8	Peranan adat dalam pengelolaan	Peranan adat dalam tata kelola wisat selam	0=tidak berperan 1= berperan kadang-kadang 2=berperan pada saat program berlangsung 3=berperan aktif pasca program dan diteruskan secara mandiri	Wawancara masyarakat lokal
9	Keharmonisan masyarakat dan wisatawan	Kenyamanan masyarakat lokal dan wisatawan	0=tidak nyaman 1=sedang 2=nyaman 3=sangat nyaman	Wawancara masyarakat dan wisatawan
10	Kebersihan	Persepsi wisatawan dan masyarakat	0=Buruk 1=Sedang 2=Baik 3=Baik sekali	Wawancara wisatawan dan masyarakat
11	Keamanan	Persepsi wisatawan dan masyarakat	0=Buruk 1=Sedang 2=Baik 3=Baik sekali	Wawancara wisatawan dan masyarakat
12	Kegiatan rehabilitasi	Frekuensi kegiatan rehabilitasi dalam setahun	0=tidak pernah dilakukan 1=dilakukan hanya sekali 2=dilakukan tidak teratur 3=dilakukan secara teratur	Wawancara masyarakat lokal
13	Pemberdayaan masyarakat	Dampak/ manfaat program pemberdayaan Masyarakat	0=tidak ada 1=ada, tidak efektif 2=ada dan efektif 3= ada,dilanjutkan secara efektif dan bermanfaat	Wawancara masyarakat dan informasi data dinas terkait

Dimensi Hukum dan Kelembagaan

1	Sinergitas kebijakan	Kesesuaian kebijakan daerah dengan ketentuan di	0=bertentangan 1=tidak bertentangan 2=tidak bertentangan tdk	Data Dinas Perikanan dan Kelautan
---	----------------------	---	--	-----------------------------------

		masyarakat	berjalan	wawancara masyarakat
			3=tidak bertentangan dan berjalan dengan baik	
2	Peranan NGO	Peranan NGO dalam pengelolaan wisata	0=tidak ada 1=ada, tidak berperan 2=ada, berperan insidental 3=ada & berperan dgn baik	wawancara masyarakat
3	Pertumbuhan lembaga/kelompok masyarakat	Pertumbuhan lembaga/kelompok masyarakat di kawasan wisata	0=rendah 1=sedang 2=tinggi 3=sangat tinggi	Wawancara masyarakat dan informasi data dinas terkait
4	Kelompok pemandu wisata selam lokal	Keberadaan dan peranan kelompok pemandu wisata selam	0=tidak ada 1=ada, tidak berperan 2=ada, berperan insidental 3=ada dan sangat berperan	wawancara masyarakat
5	Kelompok masyarakat pengawas (Pokmaswas)	Keberadaan dan peranan kelompok Masyarakat pengawas	0=tidak ada 1=ada, tidak berperan 2=ada, berperan insidental 3=ada dan berperan dalam pengawasan	wawancara masyarakat
6	Peranan hukum adat dalam pengelolaan	Hukum adat yang mengatur pengelolaan wisata	0=tidak ada 1=ada, tidak berjalan 2=ada, berjalan 3= ada, berjalan dgn baik	wawancara masyarakat
7	Regulasi tingkat daerah untuk pengelolaan wisata	Peraturan daerah yang mendukung pengelolaan wisata	0=tidak ada 1=ada, tidak berjalan 2=ada dan berjalan 3=ada & berjalan sangat baik	Data Dinas Perikanan dan Kelautan, wawancara masyarakat
8	Jumlah tenaga keamanan lokal (pecalang)	Jumlah tenaga keamanan wisata	0= tidak ada 1=1-5 2=6-10 3=11-15	wawancara masyarakat
9	Kepatuhan dalam menjalankan dokumen pengelolaan wisata	Tingkat kepatuhan dalam menjalankan peraturan dalam dokumen pengelolaan	0= ada pelanggaran 1= ada pelanggaran sedikit 2= ada pelanggaran banyak 3= tidak ada pelanggaran	wawancara masyarakat
10	Penegakan hukum dan regulasi	Peranan pokmaswas dalam mengawasi pelanggaran	0= tidak berperan 1= berperan hanya Mengawasi 2 = berperan mengawasi dan memberi teguran 3= berperan mengawasi sampai melaporkan ke aparat	wawancara masyarakat

Dimensi Infrastruktur dan Teknologi

1	Akses informasi wisata selam	Kemudahan mengakses informasi wisata	0=sangat sulit 1=sulit 2=mudah 3=sangat mudah	Wawancara wisatawan
2	Tempat ibadah	Ketersediaan tempat ibadah	0=belum tersedia 1=tersedia masih terbatas 2=tersedia mencukupi 3=tersedia lebih	wawancara masyarakat
3	Pemasaran wisata selam secara online	informasi pemasaran wisata selam secara online	0=belum tersedia 1=tersedia masih terbatas 2=tersedia 3=tersedia lebih	Wawancara pengelola wisata
4	Sarana angkutan umum kelokasi wisata	Sarana angkutan kelokasi wisata	0=belum tersedia 1=tersedia masih terbatas 2=tersedia mencukupi 3=tersedia lebih	wawancara masyarakat
5	Ketersediaan air tawar	Ketersediaan air tawar	0=belum tersedia	wawancara

6	Kapal pendukung wisata selam	Ketersedian kapal /perahupendukung wisata selam	1=tersedia masih terbatas 2=tersedia mencukupi 3=tersedia lebih 0=belum tersedia	masyarakat wawancara masyarakat
7	Ketersediaan persewaan alat selam	Ketersedian penyewaan alat selam	1=tersedia masih terbatas 2=tersedia mencukupi 3=tersedia lebih 0=belum tersedia	wawancara masyarakat
8	Fasilitas Kesehatan	Sarana dan Prasarana Kesehatan	1=tersedia masih terbatas 2=tersedia mencukupi 3=tersedia lebih 0=belum tersedia	wawancara masyarakat
9	Penginapan	Ketersediaan penginapan, losmen, hotel	1=tersedia masih terbatas 2=tersedia mencukupi 3=tersedia lebih 0=belum tersedia	wawancara masyarakat
10	Rumah makan	Ketersediaan rumah makan, warung	1=tersedia masih terbatas 2=tersedia mencukupi 3=tersedia lebih 0=belum tersedia	wawancara masyarakat
11	Akses jalan menuju ke lokasi penyelaman	Kemudahan akses menuju ke lokasi penyelaman	1=susah 2=mudah 3=sangat mudah 0=sangat susah	wawancara masyarakat
12	Jumlah spot wisata selam	Keberadaan jumlah spot wisata	0=1-5 1=6-10 2=10-15 3=>15	wawancara masyarakat

Sumber : Modifikasi Hidayah (2017)

Keterangan : Peringkat yang berikan pada setiap atribut yaitu Buruk (skor 0), Sedang (skor 1), Baik (skor 2), Baik Sekali (skor 3).

Analisis *Multidimensional Scaling* (MDS)

Pemilihan *multi dimensional scaling* (MDS) dalam analisis *Rapfish* ini dilakukan berhubung hasil yang diperoleh terbukti lebih stabil dari pada metode *multivariate analysis* yang lain, seperti *factor analysis* dan *multi-attribute utility theory* (MAUT) (Pitcher and Preikshot 2001).

Analisis ordinas *Rapfish* dengan metode MDS dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu :

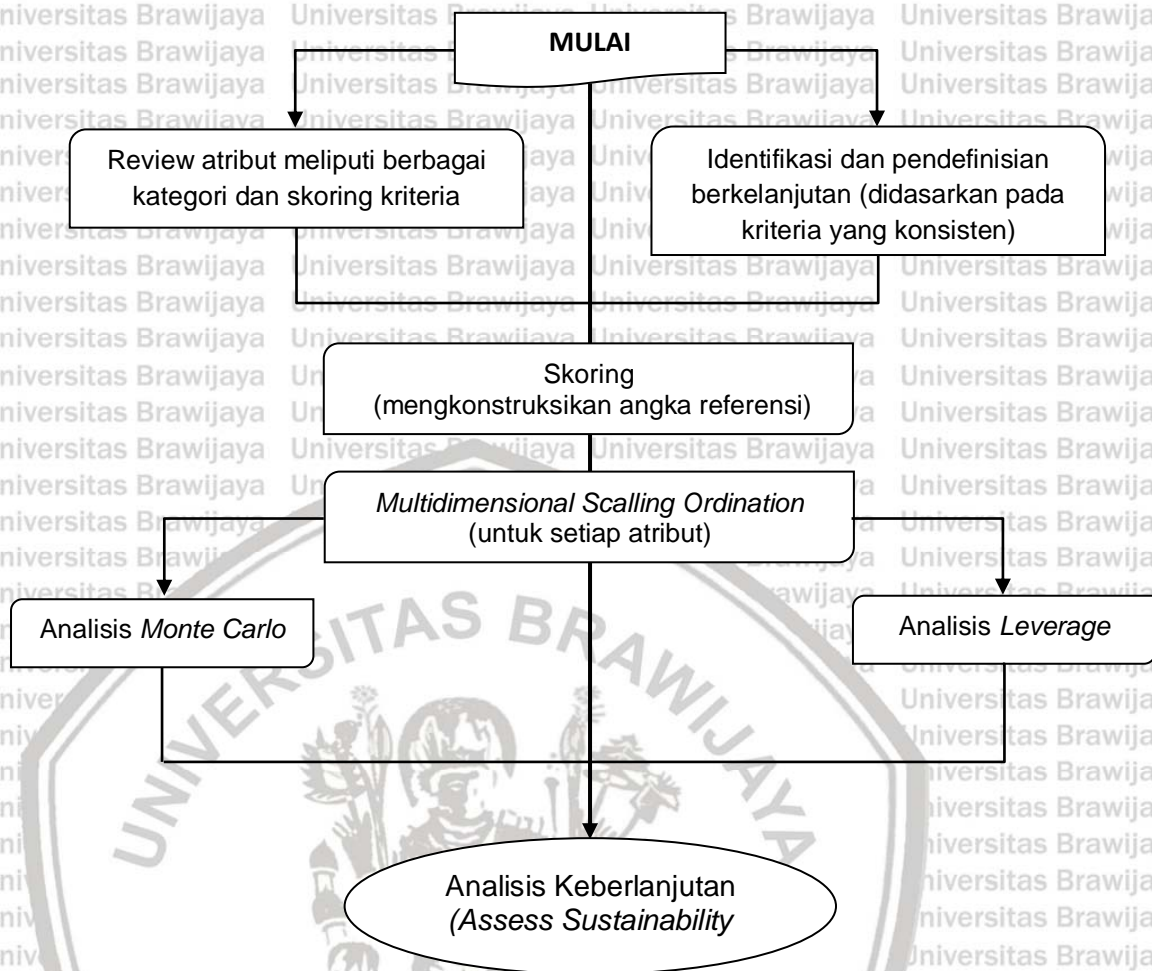
- Tahap penentuan atribut pengelolaan wisata selam meliputi lima dimensi yaitu : dimensi ekologi, ekonomi, sosial budaya, kelembagaan dan teknologi.
- Tahap penilaian setiap atribut dalam skala ordinal (*scoring*) berdasarkan kriteria keberlanjutan setiap dimensi. Penilaian atribut dilakukan melalui

review terhadap hasil penelitian-penelitian terdahulu dan wawancara dengan narasumber.

c) Tahap analisis ordinasasi *Rapfish* dengan metode MDS dengan menggunakan *software Rap-Mad excel* untuk menentukan ordinasasi dan nilai *stress* melalui *ALSCAL Algoritma*.

d) Penyusunan indeks dan status keberlanjutan sistem pengelolaan wisata selama saat ini berdasarkan empat dimensi (ekologi, sosial budaya, ekonomi, hukum dan kelembagaan serta infrastruktur dan teknologi) yang menjadi indikator keberlanjutan.

Analisis *laverage* dilakukan untuk mengetahui atribut yang sensitif. Hasil analisis *laverage* dinyatakan dalam bentuk persen (%) perubahan *root mean square* (RMS) dari masing-masing atribut jika dihilangkan dalam ordinasasi. Atribut dengan persentase tinggi merupakan atribut yang paling sensitif berpengaruh terhadap keberlanjutan, semakin besar perubahan *root mean square*, maka semakin sensitif peranan atribut tersebut terhadap peningkatan status keberlanjutan. Proses analisis MDS dan analisis *Leverage*, secara skematis ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Tahapan analisis keberlanjutan

Objek atau titik yang diamati pada analisis MDS dipetakan dalam ruang dua atau tiga dimensi, sehingga objek atau titik tersebut diupayakan ada dan dekat dari titik asal. Teknik ordinasi (penentuan jarak) di dalam MDS didasarkan pada *Euclidian Distance* yang dalam ruang berdimensi dapat ditulis sebagai persamaan (7) (Fauzi and Anna 2002).

$$d = \sqrt{([x_1 - x_2]^2 + [y_1 - y_2]^2 [z_1 - z_2] + \dots)} \quad (7)$$

Titik tersebut kemudian dibulatkan dengan meregresikan jarak *euclidian* (d_{ij}) dari titik i ke titik j dengan titik asal (d_{ij}) dengan persamaan (8), berikut ini:

$$d_{ij} = a + \beta \delta_{ij} + \varepsilon \quad (8)$$

Regresi persamaan tersebut digunakan teknik *least squared* bergantian yang didasarkan pada akar dari *Euclidian Distance* (*squared distance*) atau disebut *algoritma ALSCAL*, dengan prinsip membuat pengulangan (*iteration*) proses regresi tersebut sehingga mampu menghasilkan nilai error terkecil. Menurut (Kavanagh and Pitcher, 2004), *algoritma ALSCAL* mengoptimasi jarak kuadrat (*squared distance*= *dijk*) terhadap data kuadrat (titik asal= *Oijk*), dalam tiga dimensi (*i, j, k*) ditulis dalam formula yang disebut *S-Stress*, seperti yang tertulis pada persamaan (9).

$$S = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \left[\frac{\sum_i \sum_j (d_{ijk}^2 - o_{ijk}^2)^2}{\sum_i \sum_j o_{ijk}^4} \right]} \dots \dots \dots (9)$$

Jarak kuadrat merupakan jarak *euclidian* yang dibobot, maka dapat ditulis sebagaimana persamaan (10).

$$d_{ijk}^2 = \sum_{a=1}^i W_{ka} (X_{ia} - X_{ja})^2 \dots \dots \dots (10)$$

Posisi titik keberlanjutan dapat divisualisasikan melalui sumbu horizontal dan sumbu vertikal. Adanya proses rotasi, maka posisi titik dapat divisualisasikan pada sumbu horizontal dengan nilai indeks keberlanjutan diberi nilai skor 0% (Buruk) dan 100% (Baik). Selanjutnya nilai indeks keberlanjutan setiap dimensi dapat divisualisasikan dalam bentuk diagram layang-layang (*kite diagram*). Nilai skor yang merupakan nilai indeks keberlanjutan setiap dimensi dapat dilihat pada

Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Indeks status keberlanjutan

Indeks status keberlanjutan	Status
0 – 25	Buruk : tidak berkelanjutan
26 – 50	Kurang : kurang berkelanjutan
51 – 75	Cukup : cukup berkelanjutan
76 – 100	Baik : sangat berkelanjutan

Sumber : (Amarullah, 2015)

Analisis leverage (daya ungkit)

Analisis *leverage* (daya ungkit) dilakukan untuk mengetahui atribut yang sensitif dan intervensi yang perlu dilakukan. Hasil analisis *leverage* dinyatakan dalam bentuk persen (%) perubahan *root mean square* (RMS) dari masing-masing atribut jika dihilangkan dalam ordinasi. Analisis *leverage* dilakukan dengan melihat pengaruh setiap atribut dalam bentuk perubahan nilai RMS, khususnya pada sumbu x atau pada skala *accountability*. Atribut-atribut dengan persentase tertinggi merupakan atribut yang paling sensitif berpengaruh terhadap keberlanjutan semakin besar perubahan *root mean square* (RMS), maka semakin sensitif peranan atribut tersebut terhadap peningkatan status keberlanjutan.

Analisis Monte Carlo

Analisis monte carlo ini digunakan untuk menguji tingkat kepercayaan nilai indeks masing-masing dimensi dengan tingkat kepercayaan 95%. Analisis *Monte Carlo* membantu dalam analisis keberlanjutan untuk melihat pengaruh kesalahan pembuatan skor pada setiap atribut yang disebabkan oleh kesalahan prosedur atau pemahaman terhadap atribut dan variasi pemberian skor karena perbedaan opini atau penilaian yang berbeda oleh peneliti, stabilitas proses analisis MDS, kesalahan memasukkan data atau data yang hilang, dan nilai stress yang terlalu tinggi (Kavanagh and Pitcher, 2004).

Nilai Stress dan Nilai Koefisien Determinasi (R^2)

Validasi atribut-atribut yang dikaji dalam analisis MDS cukup akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, maka dapat dilihat dari nilai stress dan nilai *koefisien determinasi* (R^2). Menurut (Kavanagh and Pitcher, 2004), hasil analisis dianggap akurat dan dapat dipertanggungjawabkan apabila memiliki nilai

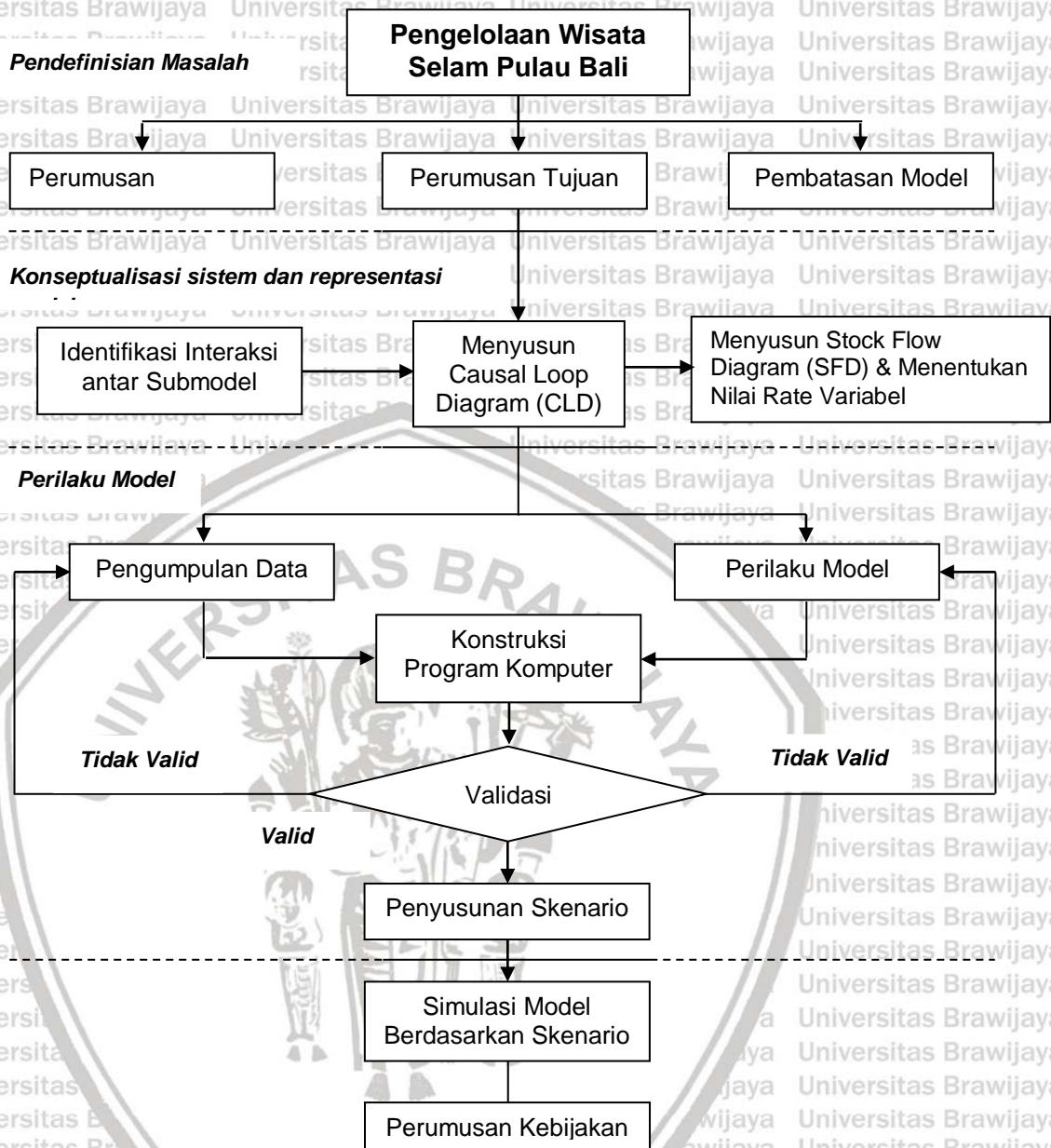
stress lebih kecil dari 0,25 (25%) dan nilai koefisien determinasi (R) mendekati nilai 1,0 (100%).

4.4.7. Analisis Pemodelan Dinamika Sistem

Pulau Bali merupakan sebuah destinasi wisata dunia yang menjadi salah satu pusat pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Aktivitas pariwisata Pulau Bali memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan populasi penduduk, penggunaan tata ruang dan pertumbuhan ekonomi. Membangun pemahaman yang komprehensif terhadap aktivitas sistem pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya pesisir di Pulau Bali, maka pendekatan pemodelan penting untuk dilakukan. Pemodelan merupakan suatu gugus aktivitas pembuatan model. Definisi pemodelan secara umum yaitu suatu abstraksi dari sebuah objek atau situasi aktual, sedangkan sistem merupakan cara penyelesaian persoalan yang dimulai dengan identifikasi terhadap adanya sejumlah kebutuhan, sehingga dapat menghasilkan suatu operasi dari sistem yang dianggap efektif (Eriyatno, 2003). Model dinamika sistem untuk pengelolaan kawasan wisata selam di Perairan Tulamben dilakukan menggunakan perangkat lunak STELLA versi 9.1.3.

Tahapan Pemodelan Dinamika sistem

Metode pemodelan dengan pendekatan dinamika sistem memiliki langkah-langkah baku, seperti yang disajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Tahapan pemodelan dinamika sistem (Sumber: modifikasi Purwaningsih *et al.*, 2012)

Model Konseptual Dinamika sistem

Model konseptual dibangun untuk menunjukkan variabel utama yang akan digambarkan dalam model, dalam hal ini telah disusun berdasarkan variabel-variabel awal yang sudah teridentifikasi. Tahapan identifikasi variabel adalah tahapan pengenalan awal keseluruhan sistem yang akan dimodelkan. Tahapan

ini dimulai dengan identifikasi variabel-variabel yang terkait dengan kebijakan terintegrasinya konsep pembangunan perikanan dan kelautan dengan konsep pembangunan kota (Mudiastuti et al., 2014). Setelah dilakukan identifikasi variabel terkait sistem pengelolaan wisata selam, maka selanjutnya dirancang model konseptual dalam bentuk *causal loop diagram* (CLD). *Causal Loop Diagram* menunjukkan hubungan sebab-akibat antar variabel yang digambarkan dengan anak panah. Anak panah yang bertanda positif (+) menunjukkan hubungan yang saling menguatkan atau berbanding lurus, dimana penambahan nilai pada variabel penyebab akan membuat penambahan nilai pada variabel akibat yang dipengaruhi. Sedangkan anak panah yang bertanda negatif (-) berarti penambahan nilai pada variabel penyebab akan membuat penurunan pada variabel akibat.

Fungsi *Causal Loop Diagram* yaitu mempermudah pemahaman keterkaitan, serta pengaruh variabel terhadap perilaku sistem. Semua variabel yang berpengaruh terhadap permasalahan di input dalam model. Beberapa variabel dalam *Causal Loop Diagram* yang menunjukkan hubungan *feedback* yang ditunjukkan dengan dua anak panah bolak-balik akan digambarkan sebagai *level/stock* pada saat simulasi model.

Model dinamika sistem pengelolaan wisata selam yang dibangun bertujuan untuk menganalisis keberlanjutan pengelolaan wisata selam dalam rangka memberikan perlindungan dan pelestarian lingkungan laut serta pemanfaatan potensi dan jasa lingkungan yang dapat meningkatkan perekonomian masyarakat.

Kegiatan wisata selam lebih di tekankan pada kewaspadaan terhadap dampak lingkungan. Hal ini menjadi sangat penting terutama dari kunjungan wisatawan yang tidak terkendali guna memelihara keberlanjutan sumberdaya alam

khususnya ekosistem terumbu karang dan menjamin pembangunan ekonomi berkelanjutan.

Pemanfaatan pesisir dan laut Tulamben sebagai kawasan wisata bahari melalui kegiatan wisata selam memberikan harapan bagi masyarakat guna meningkatkan perekonomian serta menciptakan lapangan pekerjaan di bidang industri pariwisata. Kondisi ekonomi masyarakat Tulamben sebelum adanya kegiatan wisata selam berprofesi sebagai nelayan, setelah adanya kegiatan wisata selam mata pencaharian masyarakat bertambah keragamannya yakni dibidang perdagangan, jasa dan akomodasi, home industri, industri kerajinan, warung, rumah makan dan lain-lain. Seiring dengan peningkatan jumlah wisatawan selam, terjadi pertumbuhan industri yang menyebabkan peningkatan kebutuhan akan tenaga kerja. Sebagian besar kegiatan wisata selam ditujukan untuk memperoleh manfaat dari sisi ekonomi dengan parameter pertumbuhan ekonomi. Pertumbuhan ekonomi di kawasan pesisir dan laut menjadi pendorong kegiatan lain terutama industri pariwisata untuk meningkatkan nilai tambah sumberdaya pesisir dan laut. Salah satu sektor pendorong pertumbuhan ekonomi tersebut adalah wisata selam. Sektor wisata selam tersebut baik secara langsung maupun tidak langsung mengeksploitasi sumberdaya alam untuk mendatangkan keuntungan. Apabila dibiarkan, maka dalam jangka panjang akan mengalami degradasi terumbu karang.

Kegiatan wisata selam akan memberikan dampak terhadap kualitas lingkungan pesisir dan laut terutama penambahan dan penurunan kuantitas obyek wisata selam (terumbu karang). Peningkatan jumlah wisatawan selam ke Tulamben disebabkan oleh atraksi pariwisata yang unik dan memiliki kekhasan tersendiri. Kunjungan wisatawan Tulamben yang meningkat dari tahun ke tahun menimbulkan kekhawatiran mengenai keberlangsungan kegiatan wisata,

terutama khususnya wisata selam yang tidak terkendali bagi keberlanjutan daerah wisata maupun ekologi dari terumbu karang. Oleh sebab itu diperlukan upaya konservasi yang biayanya berasal dari APBD, swadaya masyarakat atau CSR industri pariwisata. Beberapa contoh upaya konservasi yang telah dilakukan di Perairan Tulamben antara lain adalah rehabilitasi terumbu karang melalui program transplantasi dan penenggelaman terumbu karang buatan. Selanjutnya peningkatan pendapatan daerah yang berasal dari wisata selam diharapkan berkontribusi pada meningkatnya alokasi anggaran untuk peningkatan kesadaran masyarakat agar berperan serta melakukan pengawasan terhadap pemanfaatan dan pengelolaan wisata selam.

Peningkatan jumlah kunjungan wisatawan di daerah Tulamben akan menimbulkan perpindahan penduduk (migrasi). Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu kebutuhan pelayanan tenaga profesional wisata selam akan meningkat seperti instruktur selam, pemandu wisata selam, tenaga profesional pengelola hotel dan lain-lain. Migrasi penduduk juga bisa disebabkan oleh keinginan masyarakat diluar Tulamben yang mencari keuntungan dengan membuka usaha/industri pendukung wisata. Peningkatan jumlah wisatawan dan migrasi penduduk akan membutuhkan pengawasan keamanan yang semakin meningkat serta pembangunan infrastruktur untuk mendukung keberlanjutan wisata selam di Tulamben.

Tingkat kepedulian masyarakat terhadap lingkungan kawasan wisata berpengaruh terhadap keberlanjutan wisata selam, baik dalam pengelolaan limbah maupun pada pengawasan lingkungan wisata selam. Selain oleh pemerintah melalui aparat, pengawasan dapat dilakukan oleh tokoh masyarakat, masyarakat secara perorangan atau masyarakat yang membentuk lembaga/kelompok pengawas wisata. Dengan meningkatnya kepedulian

masyarakat serta anggaran dari pemerintah daerah diharapkan pertumbuhan kelompok pengawas menjadi semakin baik dan pada akhirnya bisa ikut serta menjaga kelestarian lingkungan pesisir. Tumbuhnya lembaga atau kelompok masyarakat pengawas lingkungan pesisir dipengaruhi beberapa faktor diantaranya kesadaran masyarakat, dukungan dari pemerintah dalam bentuk bantuan dana pembinaan, kemudahan ijin dan adanya sosialisasi menjaga kelestarian lingkungan. Selanjutnya, jika peranan masyarakat maupun kelompok masyarakat dalam menjaga lingkungan wisata selam meningkat, maka keberlanjutan wisata selam dalam hal ini ekosistem terumbu karang akan terjaga dengan baik.

Pertumbuhan ekonomi dan lestarnya lingkungan kawasan wisata selam akan berdampak pada pembangunan sarana dan prasarana pendukung wisata selam, serta kemampuan teknologi yang meningkat dapat memicu pertumbuhan industri pariwisata menjadi semakin berkembang, sehingga kemudahan akses informasi mengenai kawasan wisata selam di Tulamben akan menjadi sangat baik. Infrastruktur kawasan wisata selam tidak hanya terbatas pada infrastruktur pendukung seperti, tempat pemandian, tempat penyewaan alat, kemudahan transportasi dll, akan tetapi infrastruktur wisata selam yang utama adalah pengembangan kawasan bawah laut sebagai objek utama wisata selam. Pengembangan kawasan wisata selam Tulamben yaitu, membuka *spot* baru penyelaman yang memiliki ciri khas tersendiri, sehingga menjadi daya tarik wisatawan untuk datang pada lokasi baru tersebut. Keterkaitan antar dimensi pengelolaan wisata selam berkelanjutan di Tulamben digambarkan dengan

Causal Loop Diagram (CLD) dibawah ini :



Stock and Flow Diagram

Penyusunan *stock and flow diagram* berdasarkan *causal loop diagram* yang telah dirancang sebelumnya. *Stock and flow diagram* ini merupakan penjabaran yang lebih detail dari sistem yang sebelumnya telah dijabarkan melalui *causal loop diagram* karena pada diagram ini diperhatikan pengaruh waktu terhadap keterkaitan antar variabel sehingga mampu ditunjukkan hasil akumulasi untuk variabel *stock/level* dan variabel yang merupakan laju aktivitas sistem tiap periode waktu yang disebut *rate/flow*. Hasil penyusunan *stock and flow diagram* pengelolaan wisata selam berkelanjutan di Tulamben tertera dalam bab pembahasan.

Tahapan dalam analisis model dinamika sistem pengelolaan wisata selama di Perairan Tulamben meliputi :

A. Mengidentifikasi potensi sumberdaya alam, budaya, sosial ekonomi dan identifikasi instrumentasi kebijakan pemerintah dalam menunjang kegiatan wisata selama.

B. Menganalisis keterkaitan antar variabel kegiatan wisata selama serta mengintegrasikan hasil analisis potensi sumber daya, kondisi sosial ekonomi dan instrumen kebijakan pemerintah ke dalam model dinamik pengelolaan wisata selama.

C. Menganalisis model, dimana hasil analisis yang terbaik (optimal) dan dilakukan uji kepekaan melalui beberapa skenario pengelolaan. Penyusunan skenario pengelolaan wisata selama didasarkan pada hasil analisis efektifitas pengelolaan wisata selama. *Output* analisis dinamika sistem merupakan salah satu kebaruan dalam model pengelolaan wisata selama yang digunakan untuk pembangunan pariwisata yang berkelanjutan.

D. Validasi dilakukan untuk pengesahan model terhadap penilaian model dengan cara mencocokkan dengan kondisi *eksisting*, menguji dan mengesahkan asumsi-asumsi yang membentuk model dinamika sistem secara struktural (Eriyatno, 2003). Dalam penelitian ini dilakukan beberapa validasi yaitu:

1) ***Uji/verifikasi equation dan unit model*** dilakukan dengan dua tahapan yaitu verifikasi model dan *check units* model. Verifikasi model digunakan untuk melihat kelayakan model dengan konseptual model baik secara struktural *stockflow* nya. *Check units* model merupakan proses pengecekan yang dilakukan dengan cara *check units* dan verifikasi pada *software Stella* versi 9.1.3. *Check units* ini dilakukan untuk memastikan konsistensi satuan formulasi yang dibuat dan nilai *error*.

2) **Uji struktur model**, tujuan dari uji ini adalah untuk mengetahui apakah struktur model yang dibangun sudah sesuai dengan sistem nyata yang ingin dimodelkan. Uji struktur pada penelitian ini dilakukan dengan melibatkan beberapa pakar yang mengenal baik secara konsep maupun terlibat langsung dalam sistem wisata selam Tulamben sebagai validator.

3) **Uji kecukupan batasan model (boundary adequacy test)** bertujuan untuk mengetahui apakah model yang dibuat sudah sesuai dengan tujuan yang direncanakan. Hal ini dicerminkan pada identifikasi variabel-variabel yang dipergunakan dalam model. Langkah pembatasan model sebenarnya telah dilakukan bersamaan dengan pemilihan variabel yang diperkirakan memberikan pengaruh pada jalannya sistem pengelolaan wisata selam.

4) **Uji parameter model** dilakukan dengan melihat pola dua buah variabel yang saling berhubungan. Dengan membandingkan pola perilaku variabel aktual dengan pola variabel dalam simulasi.

5) **Uji kondisi ekstrim** bertujuan untuk menguji kemampuan model pada kondisi ekstrim, nilai variabel yang berubah signifikan sehingga memberikan kontribusi sebagai alat evaluasi kebijakan. Pengujian ini dapat dilakukan dengan memasukkan nilai ekstrim terbesar dan terkecil.

6) **Uji perilaku model (replikasi)**. Secara kuantitatif validasi dilakukan dengan menggunakan metode *black box* (Barlas, 1996). Metode *black box* dilakukan dengan membandingkan rata-rata nilai pada data aktual dengan rata-rata nilai pada hasil simulasi. Metode ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar *error* yang didapat ketika hasil simulasi dibandingkan dengan data existing. Berikut persamaan (11) untuk mengetahui *error* dengan metode *black box* :

$$E = |(S-A)/A| \dots\dots\dots (11)$$

Dimana

A = Data aktual

S = Data Simulasi

E = Variasi *error* antara data aktual dan data simulasi, dimana jika $E < 0,1$ maka model dinyatakan valid.

7) Uji sensitivitas model. Uji sensitivitas model pada penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sensitivitas parameter, variabel dan hubungan antar variabel dalam model. Untuk menjalankan uji sensitivitas ini maka dilakukan intervensi pada model didasarkan pada kondisi yang mungkin terjadi di masa yang akan datang. Pada analisis sensitivitas model ini dilakukan dengan metode *incremental* dengan jumlah uji 8 setiap variabel. Metode *incremental* merupakan metode pengembangan perangkat lunak yang mampu meminimalisir ketidaksesuaian dalam proses pengembangan perangkat lunak (Pressman, 2001). Pada metode *increment*, setiap tahapan yang ada dalam metodologi terdapat masukan (*input*) dan keluaran (*output*). *Output* dari proses *increment* akan dijadikan sebagai masukan (*input*) untuk proses *increment* selanjutnya.

E. Simulasi perlakuan model. Penyusunan skenario adalah penyusunan rencana pengembangan yang baik dalam sebuah sistem sehingga dapat mencapai tujuan yang diinginkan. Sesuai dengan tujuan dari penelitian, maka model yang telah dibuat diberi beberapa perlakuan. Skenario perlakuan model yang dilakukan, yaitu:

- 1) Skenario pertama yaitu kondisi *eksisting* dengan tidak memberikan perubahan pengelolaan wisata selam yang ada.
- 2) Skenario kedua yaitu dengan meningkatkan pengelolaan berupa upaya konservasi terumbu karang.

3) Skenario ketiga yaitu peningkatan kegiatan/event sebagai langkah promosi wisata selam Tulamben

4) Skenario ke empat yaitu pengendalian (pembatasan) wisatawan berdasarkan tingkat keahlian wisatawan penyelam.

Hasil skenario tersebut digunakan untuk menduga nilai *output* dengan variabel tujuan yang telah ditentukan yaitu nilai ekologi (tutupan terumbu karang), nilai ekonomi wisata (pendapatan masyarakat lokal dan PAD), nilai sosial (jumlah wisatawan). Dalam penelitian model dinamika sistem pengelolaan wisata selam ada berbagai kepentingan yang ingin diselaraskan pada model ini yaitu kepentingan lingkungan, kepentingan masyarakat, kepentingan pemerintah daerah dan kepentingan pariwisata dengan jumlah wisatawan, dalam hal ini yang menjadi permasalahan adalah ke-4 variabel tujuan ini tidak bisa dimaksimalkan bersamaan, sehingga dalam model pengelolaan wisata dengan dinamika sistem ini perlu menyelaraskan variabel tujuan. Semua variabel tujuan ditentukan berdasarkan skenario pesimis, skenario moderat dan skenario optimis. Dari ketiga skenario tersebut kemudian di dikombinasikan untuk menentukan skenario terbaik sebagai prioritas pengambilan keputusan dalam pengelolaan kawasan wisata selam.

BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Kondisi *Eksisting* Kawasan Wisata Selam Tulamben

Desa Tulamben yang berada di wilayah Kecamatan Kubu, Kabupaten Karangasem, telah berkembang menjadi salah satu destinasi wisata bahari utama khususnya wisata selam dan snorkeling di Pulau Bali. Pengelolaan kawasan wisata selam Tulamben swadaya antara masyarakat sekitar dengan Pemerintah Kabupaten Karangasem. Terdapat biaya tiket masuk yang dikenakan wisatawan yang berkunjung ke pantai tersebut. Biaya ini dihitung berdasarkan kendaraan yang digunakan dan jumlah perorang. Tarif fasilitas kawasan wisata Tulamben disajikan dalam Tabel 5.1 di bawah ini :

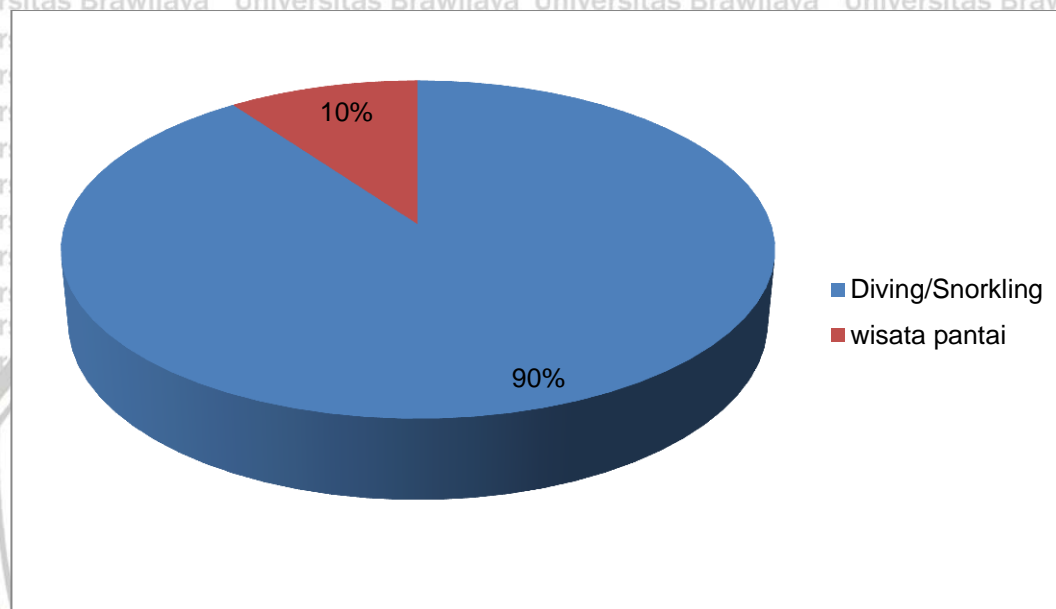
Tabel 5.1. Biaya tiket dan fasilitas wisata selam

Tarif Fasilitas	Golongan	Tarif/orang (Rp)
Tiket Masuk	WNI Dewasa	15.000
	WNI Anak-Anak	10.000
	WNA Dewasa	30.000
	WNA Anak-Anak	20.000
Toilet Shower/Ruang Ganti	-	1.000
Parkir Roda 4	-	5.000
Parkir Roda 2	-	2.000

Sumber : Dinas Pariwisata Kabupaten Karangasem (2019)

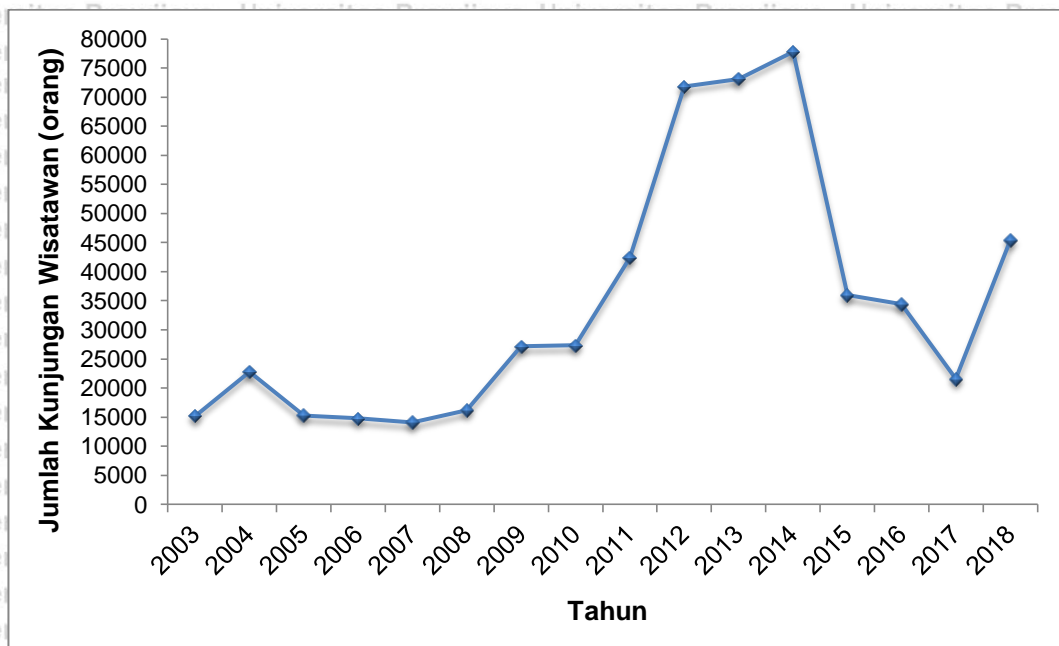
Atraksi wisata selam berupa keberadaan *shipwreck* *USAT Liberty* menjadikan objek wisata selam Tulamben ini ramai dikunjungi wisatawan manca negara maupun wisatawan lokal. Dalam rangka mendukung potensi tersebut, fasilitas yang telah dikembangkan di kawasan wisata selam Tulamben yaitu *dive operator*, lapangan parkir, kamar mandi/toilet, hotel, restoran, pelayanan keamanan dan infrastruktur pendukung lainnya. Penyelam yang datang ke lokasi wisata selam secara umum melakukan kegiatan *snorkeling* dan *diving*.

Berdasarkan hasil survey dengan jumlah responden 30 orang wisatawan yang datang ke Tulamben, sebanyak 90 % (27 orang) wisatawan yang datang ke Tulamben melakukan kegiatan *snorkeling* dan *diving*. Sedangkan 10 % (3 orang) melakukan kegiatan wisata pantai. Persentase kegiatan wisatawan yang datang berkunjung ke Tulamben disajikan dalam Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Persentase kegiatan wisatawan yang datang ke Tulamben

Trend kunjungan wisatawan di kawasan wisata Tulamben dalam 16 tahun terakhir menunjukkan nilai positif atau penambahan jumlah wisatawan setiap tahunnya (Gambar 5.2). Pada tahun 2015-2017 sempat terjadi penurunan, hal ini disebabkan karena adanya aktivitas erupsi Gunung Agung yang berdekatan dengan kawasan wisata selam Tulamben. Namun pada tahun 2018 kunjungan wisatawan mulai meningkat kembali. Jumlah kunjungan wisatawan di kawasan wisata selam Tulamben akan terus meningkat sampai titik maksimal. Titik maksimal tersebut akan terjadi ketika wisatawan secara keseluruhan mulai mencari alternatif objek wisata yang sesuai, baik secara lingkungan maupun ekonomi.



Gambar 5.2. Jumlah kunjungan wisatawan Tulamben
(Sumber: Dinas Pariwisata Kab. Karangasem, 2019)

Tulamben merupakan desa yang banyak dikunjungi para penyelam. Ada beberapa vila/restoran serta *dive operator* yang beroperasi di sekitar pantai ini. Lokasi menyelam di sekitar Pantai Tukad Abu adalah di Batu Klebit, Batu Belah dan perairan sekitarnya yang memiliki karakter penyelaman yang cukup unik terutama untuk fotografi bawah laut (Dinas Kelautan dan Perikanan Bali, 2011).

Perairan Tulamben menjadi terkenal karena adanya situs bawah laut yang menjadi objek penyelaman, yaitu kapal perang Amerika Serikat "*USAT Liberty*" yang karam di Pesisir Tulamben sejak tahun 1942. Keberadaan situs kapal karam "*USAT Liberty*" ini juga penting bukan hanya bagi masyarakat Desa Tulamben saja melainkan masyarakat dari Bali Selatan, Pemuteran, Lovina, Serangan, dan lain-lain, dimana hampir setiap *dive operator* di Bali menawarkan *dive trip* ke *USAT Liberty Wreck* (Ridwan et al., 2013).

Berdasarkan hasil pengamatan, wisata selam Tulamben dibagi beberapa klaster penyelaman yaitu *klaster coral reef*, *klaster wall* dan *klaster sandy slope*.

Pembagian kluster penyelaman ini memiliki peranan penting dalam pengembangan wisata selam Tulamben. Kluster penyelaman ini akan memberi informasi tambahan berupa lokasi-lokasi yang menjadi minat khusus bagi wisatawan yang datang ke Tulamben. Secara umum kluster penyelaman ini akan berdampak pada keberlanjutan wisata selam yang mana informasi kluster ini menjadi daya tarik wisata Tulamben. Selain sebagai informasi tambahan bagi wisatawan penyelam, pembagian kluster ini akan mempermudah pengelola wisata Tulamben dalam konservasi habitat bagi biota laut yang ada di Tulamben.

Berikut pembagian kluster penyelaman di kawasan wisata Tulamben yaitu :

1. **Kluster Coral Reef**

Titik penyelaman dalam kluster ini memiliki karakteristik pantai berbatu, topografi bawah air adalah medium slope dengan hamparan terumbu karang tersebar pada kedalaman 3-10 meter. Pada kedalaman diatas 15 meter, substrat yang mendominasi adalah pasir vulkanis warna hitam, tutupan terumbu karang alami pada kedalaman tersebut sangat rendah dan didominasi oleh *whip coral*, *soft coral*, dan *sponge*. Akan tetapi pada titik penyelaman *Shipwreck* dan *Coral Garden*, terdapat substrat *artificial reef* seperti *shipwreck* dan patung sebagai tempat terumbu karang hidup. Beberapa titik penyelaman yang masuk dalam kluster ini adalah :

- a) *Coral Garden* (Karakteristik khusus : *artificial reef* berbentuk *hexadom*, candi dan patung budha).
- b) *Shipwreck USAT Liberty* (Karakteristik khusus terdapat kapal karam)
- c) Alamanda
- d) *Touch Terminal*
- e) Singkil

2. *Klaster Wall*

Titik penyelaman dalam klaster ini memiliki karakteristik pantai bertebing, topografi bawah air adalah *wall* atau dinding vertikal dari kedalaman 5 hingga 40 meter. Hamparan terumbu karang tersebar pada kedalaman 3-30 meter, hal ini disebabkan karena substrat yang mendominasi dari klaster ini adalah batuan keras yang terbentuk dari lava vulkanis sehingga terumbu karang dapat menempel dengan kuat. Titik penyelaman dalam klaster ini terkenal dengan jumlah *sponge* dan *gorgonian* yang sangat banyak dijumpai dari kedalaman 10 hingga 30 meter. Titik penyelaman dalam klaster ini umumnya dikhususkan bagi penyelam yang ingin melihat jenis ikan-ikan besar seperti *Bumphead*, *Parrotfish*, *Napoleon*, Baracuda, Hiu Karang dan penyu. Beberapa titik penyelaman yang masuk dalam klaster ini adalah :

- a) *Emerald*
- b) Batu Kelebit
- c) Palung-Palung
- d) *Drop Off*

3. *Klaster Sandy Slope*

Titik penyelaman dalam klaster ini memiliki karakteristik pantai berpasir, topografi bawah air adalah medium hingga *steep slope* dengan substrat yang mendominasi adalah pasir vulkanis berwarna hitam. Titik penyelaman dalam klaster ini memiliki tutupan karang yang rendah akibat substrat yang mendominasi adalah pasir sehingga terumbu karang tak memiliki tempat untuk menempel, selain itu beberapa titik penyelaman dalam klaster ini terletak dekat dari muara sungai yang pada musim penghujan membawa sejumlah besar material pasir dari hulu sungai.

Meskipun Titik penyelaman dalam klaster ini memiliki tutupan karang yang rendah, akan tetapi tetap menjadi salah satu titik penyelaman favorit kalangan penyelam fotografi. Titik penyelaman dalam klaster ini memang dikhususkan untuk *Underwater Macro Photography* karena banyak fauna berukuran *macro* yang bernilai eksotis dapat ditemukan pada titik penyelaman klaster ini, seperti *Harlequin Shrimp*, *Ghost Pipefish*, *Seahorses*, *Nudibranches*. Beberapa titik penyelaman yang masuk dalam klaster ini adalah :

- a) Batu Niti
- b) Seraya
- c) Kuanji
- d) Melasti
- e) Pura Segara

5.2. Kualitas Perairan dan Status Pencemar

Perairan Tulamben merupakan daerah wisata bahari yang sangat berpotensi, akan tetapi keberadaan wisata bahari di Perairan Tulamben dapat mengganggu keberadaan ekosistem terumbu karang. Kelestarian terumbu karang mendapat tekanan, terutama oleh aktivitas selam. Meningkatnya laju pertumbuhan penduduk akan berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan hidup sehari-hari. Pemanfaatan sumberdaya pesisir sering kali kurang memperhatikan kelestarian dari sumberdaya pesisir itu sendiri. Pantai merupakan ekosistem yang rentan terhadap berbagai perubahan lingkungan.

Kegiatan pariwisata yang penuh aktivitas akan berpengaruh terhadap kualitas perairan pantai yang berpotensi terhadap pencemaran (Machado dan Mourato 2002).

Secara umum hasil pengukuran kualitas perairan di lokasi penelitian memenuhi standar mutu kualitas perairan, hal ini sesuai dengan Keputusan

Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut untuk Wisata Bahari. Beberapa parameter masih melebihi ambang batas yang tidak terlalu besar jika dibandingkan baku mutu untuk wisata bahari yaitu amoniak bebas ($\text{NH}_3\text{-N}$) dengan rata-rata nilai sebesar 0,01 mg/L. Berdasarkan baku mutu wisata bahari nilai amoniak bebas yaitu nihil. Hasil uji Fospat (PO_4) juga menunjukkan hasil pengukuran yang berada diambang batas toleransi baku mutu wisata bahari yaitu sebesar 0,32 mg/L, sedangkan baku mutu wisata bahari yaitu 0,015 mg/L. Hasil uji Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) yaitu sebesar 0,45 mg/L, dimana nilai tersebut melebihi ambang batas baku mutu wisata bahari yaitu 0,008 mg/L. Hasil analisis logam berat seperti Nikel (Ni), Raksa (Hg), Chromium (Cr), Arsen (As), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), Timbal (Pb), Seng (Zn) menunjukkan hasil TT, dimana hasil uji laboratorium 8 parameter tersebut berada di bawah ambang batas yang sangat rendah, sehingga keterangan hasil uji laboratorium yaitu tidak terdeteksi. Hasil uji parameter kualitas air disajikan dalam Tabel 5.2.

Hasil analisis pengukuran kualitas perairan dan klasifikasi mutu air berdasarkan kriteria sebagaimana dijelaskan pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4. Klasifikasi mutu perairan kawasan wisata selam Tulamben termasuk dalam mutu kelas II dengan skor -28 sehingga dinyatakan status cemar sedang. Berdasarkan baku mutu kelas II, parameter kimia yang menunjukkan nilai tinggi yaitu Amonia Bebas ($\text{NH}_3\text{-N}$), Fospat (PO_4), Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$). Hasil identifikasi menunjukkan bahwa nilai rata-rata pencemar berupa amoniak bebas ($\text{NH}_3\text{-N}$) yaitu sebesar $0,01 \pm 0,030$ mg/L dengan skor pencemar sebesar -8. Sedangkan nilai pencemar berupa Fospat (PO_4) yaitu rata-rata sebesar $0,32 \pm 0,053$ dengan nilai skor pencemar -10. Nilai pencemar berupa Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) yaitu rata-rata sebesar $0,450 \pm 0,068$ mg/L dengan nilai skor pencemar -10. Data hasil analisis storet disajikan pada Tabel 5.2. di bawah ini :

Tabel 5.2. Hasil analisis pengukuran kualitas perairan

Parameter	Satuan	Baku Mutu Kelas II	Hasil Pengukuran			Skor	Std
			Maks	Min	Rata-Rata		
Fisika							
Kecerahan	m	≥ 30	7,50	5,30	6,24	0	1,104
Kekeruhan	NTU	≤ 10	1,09	0,48	0,74	0	0,306
Total Suspended Solid	mg/L	≤ 20	16,11	9,72	11,53	0	3,294
Suhu	$^{\circ}\text{C}$	26-30	27,34	26,52	26,86	0	0,412
Kimia							
pH		6,5-8	7,80	7,10	7,43	0	0,350
Salinitas	‰	Alami	34,63	33,12	33,61	0	0,770
DO	mg/L	>5	8,38	8,31	8,35	0	0,035
BOD ₅	mg/L	≤ 20	14,02	8,98	11,17	0	2,527
Amonia Bebas (NH ₃ -N)	mg/L	Nihil	0,06	0,00	0,01	-8	0,030
Fospat (PO ₄)	mg/L	0,015	0,34	0,24	0,32	-10	0,053
Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	0,008	0,53	0,39	0,45	-10	0,068
Nikel (Ni)	mg/L	0,007	TT	TT	TT	0	0,00
Raksa (Hg)	mg/L	$\leq 0,0001$	TT	TT	TT	0	0,00
Chromium (Cr)	mg/L	0,00004	TT	TT	TT	0	0,00
Arsen (As)	mg/L	0,0026	TT	TT	TT	0	0,00
Kadmium (Cd)	mg/L	0,00002	TT	TT	TT	0	0,00
Tembaga (Cu)	mg/L	0,008	TT	TT	TT	0	0,00
Timbal (Pb)	mg/L	0,00002	TT	TT	TT	0	0,00
Seng (Zn)	mg/L	0,002	TT	TT	TT	0	0,00
Biologi							
Coliform (total) ^(a)	(MPN/100)	1000 ^(a)	7,00	49,00	18,00	0	17,78
Total Skor						-28	
Status Pencemaran						Cemar Sedang	

Keterangan : TT : Tidak Terdeteksi

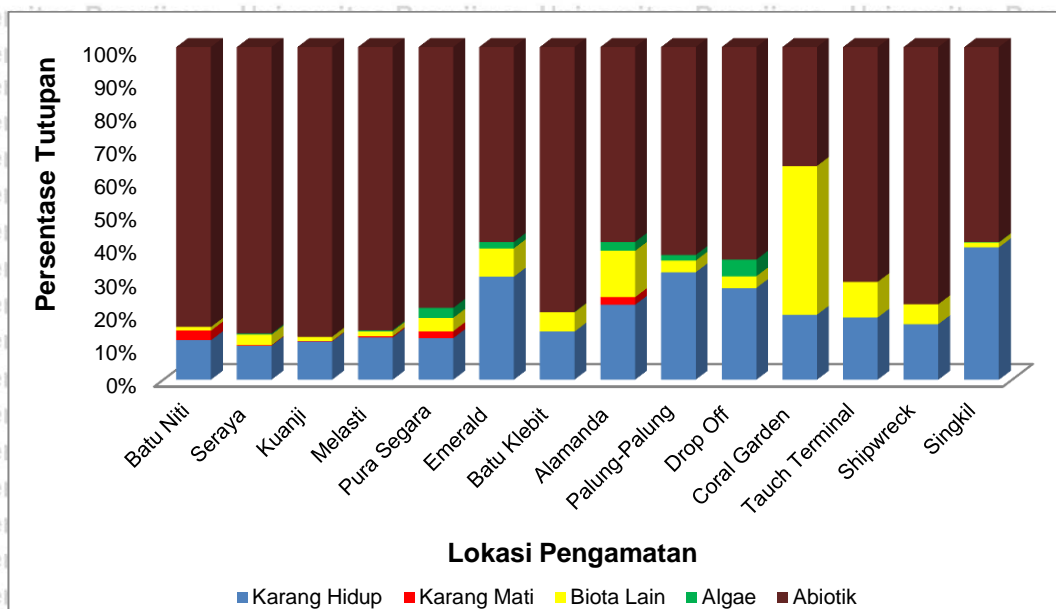
Berdasarkan hasil pengamatan, lokasi kegiatan wisata selam berada sangat dekat dengan penginapan dan pemukiman penduduk disepanjang pantai Desa Tulamben. Elyazar *et al.*, (2007) menyatakan bahwa aktivitas hotel dan restoran, pemukiman dan nelayan berpotensi menghasilkan limbah yang bersumber dari aktivitas rumah tangga. Limbah berbahan kimia terbanyak digunakan oleh hotel, restoran, pemukiman dan industri. Sumber pencemar di Perairan Tulamben diduga bersumber dari penginapan dan pemukiman berupa materi pencemar MBAS atau *methylene blue active substances*. MBAS merupakan materi pencemar yang lebih dikenal sebagai deterjen. Deterjen merupakan limbah pemukiman yang paling potensial mencemari perairan. Limbah deterjen sangat sulit diuraikan oleh bakteri, sehingga tetap aktif untuk jangka waktu yang lama. Penggunaan deterjen secara besar-besaran juga meningkatkan senyawa fosfat pada air yang merangsang pertumbuhan ganggang. Pertumbuhan ganggang

yang tidak terkendali menyebabkan permukaan air tertutup sehingga menghalangi masuknya cahaya matahari dan mengakibatkan terhambatnya proses fotosintesis. Jika tumbuhan air ini mati, akan terjadi proses pembusukan yang menghabiskan persediaan oksigen dan pengendapan bahan-bahan yang menyebabkan pendangkalan (Fransisca, 2011).

5.3. Persentase Tutupan Terumbu Karang

Substrat dasar Perairan Tulamben di kelompokkan menjadi terumbu karang hidup (*Hard Coral*), terumbu karang mati (*Dead Coral*), biota lain (*Other Biota*) yang terdiri dari karang lunak (*Soft Coral*), sponge, zoanthid dan biota dasar lainnya, alga (*Algae*), dan komponen abiotik lainnya (*Abiotic*) yang terdiri dari patahan karang (*Rubble*), pasir (*Sand*), dan batuan (*rock*).

Secara keseluruhan kondisi persentase tutupan terumbu karang hidup di 14 stasiun pengamatan Perairan Tulamben berada pada kondisi “buruk” hingga “sedang”. Persentase tutupan terumbu karang hidup tertinggi terdapat pada titik penyelaman Singkil, sedangkan persentase tutupan terumbu karang terendah terdapat pada titik penyelaman Seraya. Persentase karang hidup berkisar antara 10,24% hingga 39,80%. Tutupan terumbu karang mati berada pada persentase 0% hingga 2,90%. Tutupan biota lain berkisar antara 1,10% hingga 44,70%. Komponen *Algae* (*AL*) sangat jarang ditemui dimana persentasenya hanya berkisar 0% hingga 5%. Persentase komponen *abiotik* berkisar antara 35,75% hingga 87,11% dimana komponen batuan (*Rock*) sangat mendominasi Perairan Tulamben, berkisar antara 19,68% hingga 42,76%. Batuan yang ditemukan di Perairan Tulamben diduga berasal dari pembekuan lava dari letusan Gunung Agung. Persentase hasil analisis komposisi biota bentik Perairan Tulamben disajikan dalam Gambar 5.3.



Gambar 5.3. Komposisi tutupan biota bentik

Secara keseluruhan substrat abiotik mendominasi di Perairan Tulamben jika dibandingkan dengan substrat lainnya. Substrat dasar perairan merupakan faktor penting bagi terumbu karang, karena terumbu karang dalam fase hidup bebas bergerak dalam jumlah waktu terbatas terutama pada saat *larva planula*. Fase berikutnya memerlukan substrat untuk tempat menempel dan melekat secara permanen untuk selama hidupnya (Bato *et al.*, 2013). Beberapa karang mendominasi substrat dasar di Perairan Tulamben, salah satunya Karang Montipora yang relatif mendominasi di Tulamben *Drop Off* kedalaman 5-7 m (Dinas Kelautan dan Perikanan Bali, 2011). Persentase tutupan terumbu karang di Perairan Tulamben sebesar 10,24% - 39,80% dengan kriteria rusak hingga rusak sedang. Penentuan kriteria tutupan terumbu karang hidup berdasarkan Tabel 4.6. Kondisi tutupan terumbu karang kriteria rusak terdapat di *Shipwreck* kedalaman 5 meter (Puspita *et al.*, 2016). Secara umum rata-rata tutupan terumbu karang hidup di Perairan Tulamben yaitu 20,16 %, kondisi tersebut termasuk dalam kriteria rusak buruk (Gomez and Yap 1988). Hasil analisis

persentase tutupan terumbu karang di masing-masing lokasi (stasiun) pengamatan Perairan Tulamben disajikan dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Hasil analisis tutupan terumbu karang hidup

Lokasi	Koordinat		Kedalaman (meter)	Tutupan (%)	Kriteria	Σ Jenis Lifeform
	Lintang (S)	Bujur (E)				
Batu Niti	-8,293125	115,610246	5,80	11,85	Buruk	4
Seraya	-8,292592	115,609332	5,90	10,24	Buruk	5
Kuanji	-8,2917603	115,6085088	6,10	11,49	Buruk	5
Melasti	-8,287517	115,605441	5,50	12,71	Buruk	6
Pura Segara	-8,2896252	115,6069713	6,20	12,50	Buruk	3
<i>Emerald</i>	-8,2839183	115,6031578	7,10	31,80	Sedang	5
Batu Klebit	-8,2815337	115,6014673	7,50	14,45	Buruk	5
Alamanda	-8,2800232	115,5997447	6,80	22,51	Buruk	2
Palung-Palung	-8,2788276	115,5986353	5,90	32,30	Sedang	6
<i>Drop Off</i>	-8,2786934	115,5964318	6,20	27,60	Sedang	4
<i>Coral Garden</i>	-8,277107	115,595168	6,80	19,55	Buruk	6
<i>Touch Terminal</i>	-8,276233	115,593783	6,60	18,70	Buruk	3
<i>Shipwreck</i>	-8,273033	115,592117	6,30	16,70	Buruk	7
Singkil	-8,259126	115,584077	5,70	39,80	Sedang	6
Rata-rata persentase tutupan terumbu karang hidup				20,16		

Secara umum masing-masing stasiun pengamatan di Perairan Tulamben memiliki 2-7 bentuk pertumbuhan terumbu karang. Bentuk pertumbuhan terumbu karang menjadi salah satu parameter dan daya tarik dalam pengembangan wisata selam. Semakin beragam bentuk pertumbuhan terumbu karang, semakin beragam atraksi yang dapat dilihat oleh penyelam. Hal tersebut berdampak baik bagi pengembangan kawasan wisata selam di Perairan Tulamben. Terumbu karang memiliki variasi bentuk pertumbuhan koloni yang berkaitan dengan kondisi lingkungan perairan. Berbagai jenis bentuk pertumbuhan karang dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, hidrodinamis (arus dan

gelombang), ketersediaan bahan makanan, sedimen, *subareal exposure* dan faktor genetik (Suryanti *et al.*, 2011).

Banyak faktor yang diduga menyebabkan kerusakan terumbu karang di kawasan wisata selam Tulamben. Faktor tersebut antara lain aktivitas wisata selam yang tinggi, erupsi Gunung Agung yang membawa debu vulkanik, dampak dari pemanasan global yang menyebabkan pemutihan terumbu karang. Kenaikan suhu permukaan air laut mulai terjadi pada bulan September 2015 sampai pertengahan tahun 2016. Perubahan kenaikan suhu permukaan air laut akan mengakibatkan terumbu karang tidak dapat mentoleransi kenaikan suhu perairan sehingga menyebabkan terjadinya pemutihan karang.

Penyebab kerusakan terumbu karang disebabkan oleh faktor antropogenik (kegiatan manusia dan *non-antropogenik* (perubahan ekologis, faktor alam) (Kusumastuti, 2004). Aktivitas wisata selam dan snorkeling di kawasan wisata Tulamben relatif tinggi, rata-rata 100-150 orang melakukan penyelaman di *Shipwreck USAT Liberty* dalam sehari (Ridwan *et al.*, 2013). Bahkan bisa mencapai 200-250 penyelam per hari pada musim puncak liburan (*peaks season*). Kegiatan wisata laut yang menyebabkan kerusakan terumbu karang yaitu *scuba diving*, *snorkeling*, memancing dan perjalanan kapal pesiar. Penyebab kerusakan terumbu karang paling besar adalah *snorkeling* (Rahayu *et al.*, 2014). Penyelam SCUBA memiliki dampak lebih besar pada karang daripada perenang snorkel, terutama penyelam yang mengenakan sarung tangan dan fotografer dengan peralatan (Talge 1990; Roupheal and Inglis 2001).

Pemanasan global yang berdampak pada pemutihan terumbu karang di Indonesia terjadi pada tahun 2010 dan 2016. Pada tahun 2016 pemutihan karang bisa mencapai 45% (di wilayah Perairan Bondalem) dan kematian karang mencapai 39.53% (Faiqoh *et al.*, 2019). Persentase pemutihan karang di setiap

tempat survey adalah lebih dari 25 % serta tingkat kematian yang tinggi pada terumbu karang hasil transplantasi (Reefcheck Indonesia, 2016). Dampak tekanan lokal yang bersinergi dengan pengaruh perubahan iklim global dapat secara fungsional menyebabkan kerusakan terumbu karang dan menyebabkan terjadinya perubahan struktur bentik (Pattiasina *et al.*, 2018).

Terumbu karang sangat rentan terhadap perubahan suhu yang sangat drastis. Kenaikan suhu laut antara 1°C sampai 2°C dari rata-rata tahunan dapat menjadi pemicu terjadinya pemutihan terumbu karang (*coral bleaching*).

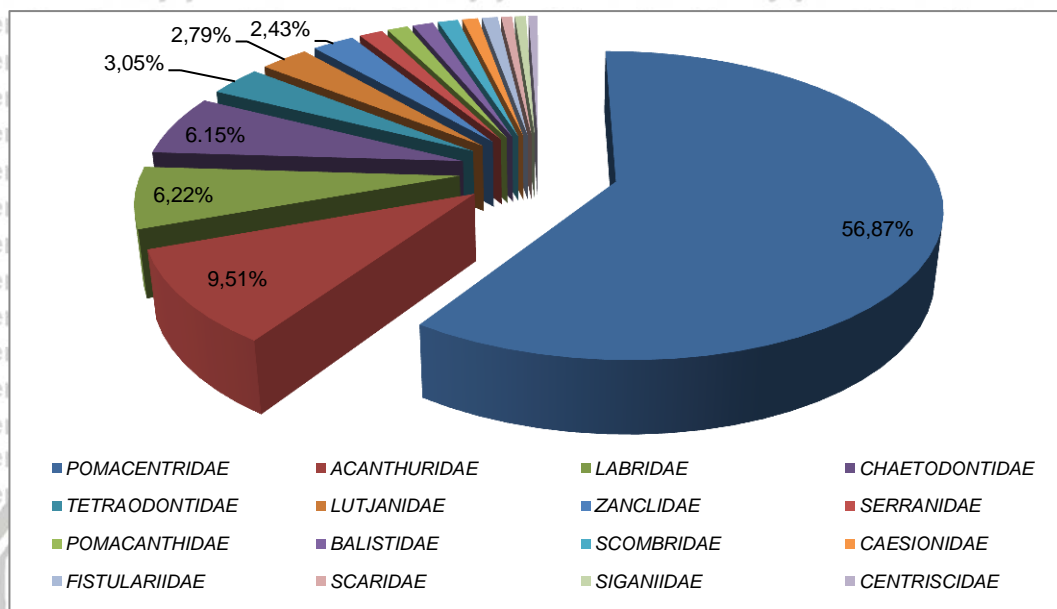
Kenaikan suhu laut yang tinggi dapat menyebabkan pemutihan terumbu karang dalam waktu antara 2-3 minggu. Sedangkan penurunan suhu laut membutuhkan waktu yang lebih lama untuk pemutihan terumbu karang (Hoegh-guldberg, 1999).

5.4. Kelimpahan dan Struktur Komunitas Ikan Karang

5.4.1. Kelimpahan Ikan Karang

Perairan Kawasan Wisata selam Tulamben mempunyai keragaman jenis ikan yang sangat tinggi. Ikan karang umumnya berasosiasi dengan ekosistem terumbu karang, sehingga kesehatan terumbu karang juga akan menentukan keberadaan dari ikan tersebut (Laapo, 2010). Secara umum dari hasil pengamatan didapatkan komposisi jenis ikan karang di Perairan Tulamben terdiri dari 39 famili dan 188 spesies dengan kelimpahan total ikan karang 6.948 individu. Kelimpahan jenis ikan karang didominasi oleh jenis ikan karang dari famili Pomacentridae dan Acanthuridae. Komposisi jenis ikan karang yang ditemukan pada 14 stasiun pengamatan terdiri dari famili Pomacentridae sebesar 56,87%, kemudian famili Acanthuridae sebesar 9,51%, famili Labridae sebesar 6,22%, famili Chaetodontidae sebesar 6,15%, famili Tetraodontidae sebesar 3,05%, famili Lutjanidae sebesar 2,79%, famili Zanclidae sebesar 2,43% dan beberapa famili lain seperti Serranidae, Pomacanthidae, Balistidae, Scombridae,

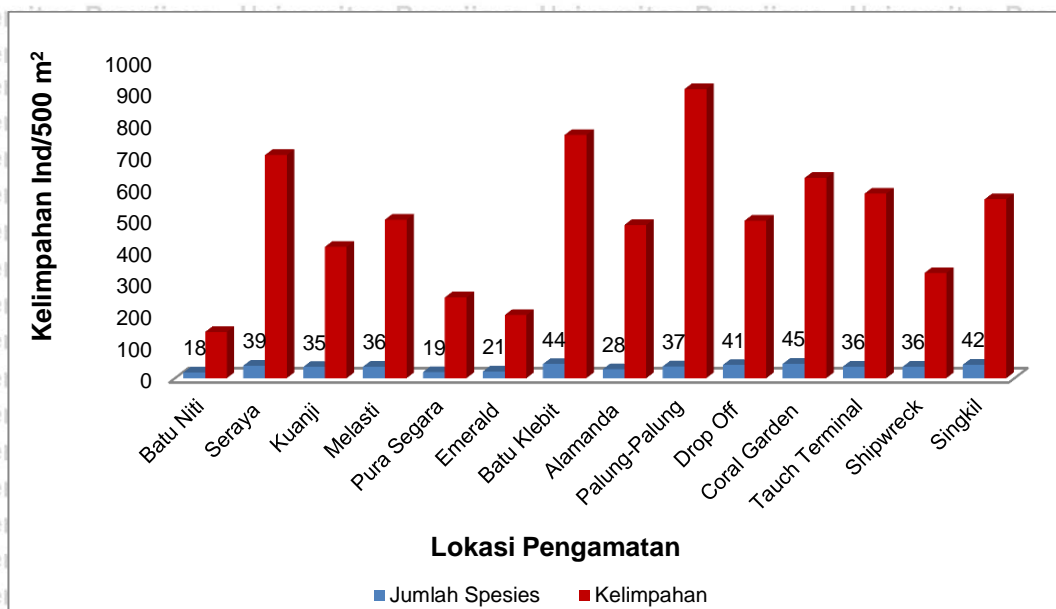
Caesionidae, fistularidae, Scaridae, Siganidae, Centriscidae yang hanya sebesar 0,53% hingga 1,37%. Komposisi jenis ikan karang berdasarkan famili dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4. Komposisi jenis ikan karang berdasarkan famili

Berdasarkan hasil penelitian terdapat 188 spesies dalam 39 famili ikan karang yang ditemukan pada 14 titik stasiun pengamatan. Kelimpahan ikan karang terbanyak terdapat pada titik penyelaman Palung-Palung sebesar 907 ind/500m² dengan jumlah total spesies sebesar 37 spesies. Kelimpahan ikan karang paling sedikit di temukan di stasiun pengamatan Batu Niti yaitu sebesar 145 ind/500m² dengan jumlah spesies sebesar 18 spesies. Keberadaan ikan karang juga menjadi daya tarik dalam pengembangan kegiatan wisata selam.

Semakin banyak jenis ikan karang yang ditemukan maka semakin baik untuk pengembangan kegiatan (Widikurnia, 2016). Kelimpahan dan jumlah spesies ikan karang dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5. Kelimpahan ikan karang dan jumlah spesies ikan karang

5.4.2. Kelimpahan Ikan Karang Berdasarkan Peranannya

Ikan Mayor

Kelimpahan total ikan karang seluruh stasiun pengamatan dari kategori ikan mayor yaitu sebesar 74,51% (5.177 individu) dari kelimpahan total individu ikan karang yang ditemukan di Perairan Tulamben. Total jenis kategori ikan mayor yang ditemukan di Perairan Tulamben sebesar 91 jenis (Lampiran 4).

Berdasarkan Gambar 5.6, grafik kelimpahan kategori ikan mayor sangat tinggi di setiap stasiun pengamatan. Pada setiap stasiun pengamatan rata-rata kelimpahan ikan karang dari kategori ikan mayor berkisar antara 105–726 ind/500m². Kelompok kategori ikan mayor tertinggi terdapat di stasiun pengamatan Palung-Palung yaitu sebesar 733 ind/500m² yang didominasi oleh famili Pomacentridae. *Pomacentrus moluccensis* merupakan spesies ikan karang yang umum ditemukan di Perairan Teluk Doreri (Pattiasina *et al.*, 2020). Jenis-jenis ikan dari kategori ikan mayor yang mendiami ekosistem terumbu karang memiliki ketergantungan hidup terhadap terumbu karang bahkan beberapa

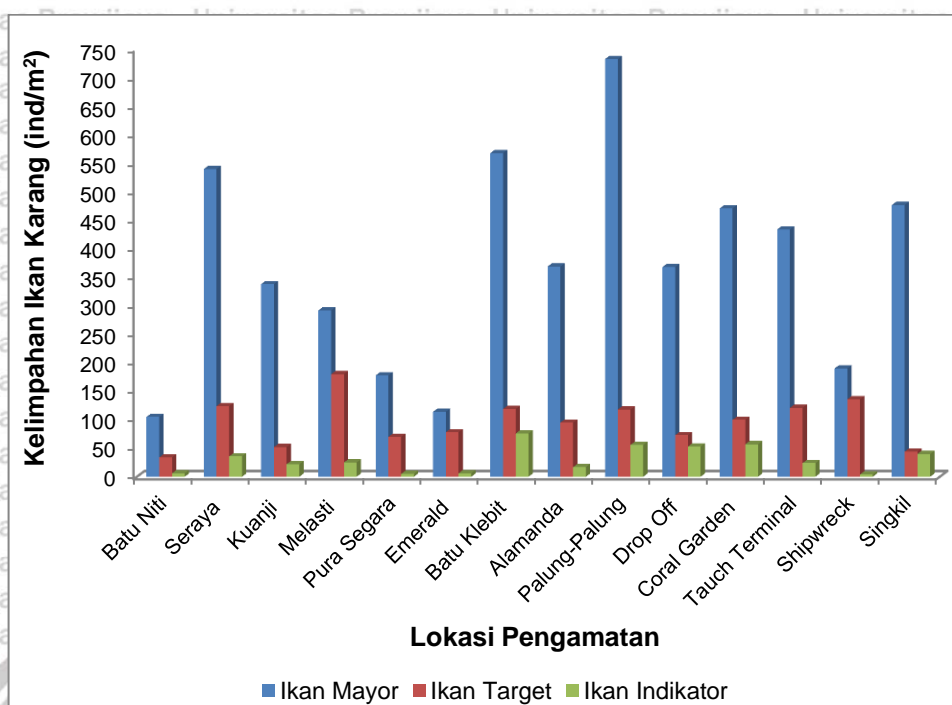
kelompok kategori ikan mayor memerlukan makanan yang spesifik terhadap jenis terumbu karang tertentu (Panggabean, 2012).

Ikan Target

Kelimpahan total individu kategori ikan target yaitu sebesar 19,34 % (1.344 individu). Kelimpahan individu kategori ikan target berkisar antara 34-180 ind/500m². Kelompok kategori ikan target tertinggi terdapat pada stasiun melasti yaitu sebesar 180 ind/500m² yang didominasi oleh family Acanthuridae dan Labridae. Total jenis kategori ikan target yang ditemukan di Perairan Tulamben sebesar 74 jenis (Lampiran 5). Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya kelimpahan kelompok ikan target dapat disebabkan oleh variasi habitat dan aktifitas penangkapan, kekayaan jenis (*species richness*) (Nasir *et al.*, 2017).

Ikan Indikator

Kelimpahan total individu kategori ikan indikator yaitu sebesar 6,15 % (427 individu). Kelimpahan ikan indikator cukup rendah berkisar antara hanya 4-76 ind/500m². Jumlah individu tertinggi dari kategori ikan indikator terdapat di stasiun pengamatan Batu Klebit yaitu sebesar 76 ind/500m² yang di dominasi oleh family Chaetodontidae. Total jenis kategori ikan indikator yang ditemukan di Perairan Tulamben sebesar 22 jenis (Lampiran 6). Anggota famili Chaetodontidae bersifat *corallivore* atau pemangsa polip karang dan merupakan penghuni sejati terumbu karang (Suryanti *et al.*, 2011). Chaetodontidae memiliki asosiasi yang kuat dengan karang karena harus berada di tutupan terumbu karang hidup yang baik sehingga dapat digunakan sebagai indikator kesehatan karang (Suryanti *et al.*, 2011; Adrim *et al.*, 2012; Pratchett *et al.*, 2014).



Gambar 5.6. Kelimpahan ikan karang berdasarkan peran

5.4.3. Struktur Komunitas Ikan Karang

Variasi spasial dan temporal dalam struktur komunitas ikan di pengaruhi oleh faktor biotik (pemukiman, predasi, persaingan, pemijahan, dll) dan faktor lingkungan (ketersediaan cahaya dan nutrisi, kedalaman, suhu, tutupan alga, kompleksitas habitat, dll). Kedua faktor tersebut memiliki peran utama dalam mengendalikan struktur komunitas ikan dekat pantai dan dapat digambarkan sebagai struktur habitat (Raedemaecker *et al.*, 2010).

Struktur komunitas ikan karang yang terdapat di Perairan Tulamben berada dalam kondisi stabil dengan jumlah setiap individu atau spesies tersebar merata dan tidak ada yang mendominasi dan memiliki kesamaan komunitas ikan karang yang ditunjukkan dengan nilai Indeks keanekaragaman yang tinggi, keseragaman yang tinggi dan dominansi yang rendah.

Meningkatnya gangguan di wilayah pesisir, sebagai akibat dari tekanan antropogenik seperti perkembangan perkotaan, pariwisata, dan penggunaan

perikanan *illegal* yang merusak, sangat mengubah struktur habitat ekosistem pesisir dan berdampak pada fungsi ekosistem yang mengubah komunitas ikan (Raedemaeker *et al.*, 2010). Hasil analisis struktur komunitas ikan karang di kawasan wisata selam Tulamben disajikan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Hasil analisis struktur komunitas ikan karang

Struktur Komunitas Ikan Karang	Nilai	Status
Keanekaragaman	3,978	Tinggi
Keseragaman	0,759	Tinggi
Dominansi	0,042	Rendah

Indeks keanekaragaman jenis merupakan parameter untuk mengukur besar kecilnya keanekaragaman jenis ikan karang dalam satu lokasi. Indeks keanekaragaman ikan karang dilokasi penelitian termasuk dalam kategori tinggi yaitu sebesar 3,978. Tingginya nilai indeks keanekaragaman jenis ikan karang menggambarkan bahwa tidak ada spesies yang terlalu mendominasi pada stasiun tersebut (Setiawan *et al.*, 2013), hal tersebut didukung dengan nilai indeks dominansi yang rendah yaitu 0,042. Keanekaragaman spesies dapat dijadikan sebagai pengukur stabilitas komunitas yaitu kemampuan struktur komunitas untuk tidak terpengaruh oleh gangguan dari komposisinya, oleh karena itu komunitas yang stabil akan memiliki nilai keaneragaman yang cenderung tinggi (Muchlisin, 2015).

Menurut Muchlisin (2015) Indeks keseragaman jenis ikan karang menunjukkan pola sebaran biota. Jika nilai keseragaman relatif tinggi (mendekati 1), maka keberadaan setiap spesies cenderung merata, jika nilai keseragaman jenisnya tinggi maka nilai dominansinya rendah. Secara umum hasil pengamatan dan analisis data keseragaman jenis pada lokasi penelitian termasuk dalam

kategori keseragaman tinggi dengan nilai 0,759. Menurut Estradivari *et al.*, (2009) nilai indeks keseragaman $0,75 < E \leq 1$ termasuk kategori komunitas stabil.

Indeks dominansi digunakan untuk memperoleh informasi mengenai jenis ikan yang mendominasi pada suatu komunitas pada tiap habitat. Nilai Indeks dominansi jenis ikan karang di Perairan Tulamben masuk dalam kategori rendah dengan nilai 0,042. Nilai indeks dominansi yang rendah mencerminkan tidak banyak spesies yang mendominasi atau sifat penyebaran ikan karang pada umumnya merata di Perairan Tulamben. Hasil analisis indeks dominansi Perairan Tulamben dinyatakan rendah karena nilai yang dihasilkan mendekati nol atau perairan tersebut cukup baik karena tidak ada spesies tertentu yang mendominasi tempat tersebut. Hal ini sesuai dengan pendapat Odum (1993) yang menyatakan bahwa nilai indeks dominansi mendekati satu (1) apabila komunitas didominasi oleh jenis atau spesies tertentu dan jika indeks dominansi mendekati nol, maka tidak ada jenis atau spesies yang mendominasi. Menurut Setiawan *et al.*, (2013) perubahan nilai indeks struktur komunitas dalam suatu ekosistem sangat dipengaruhi oleh adanya kelompok spesies yang dominan.

5.5. Kesesuaian Wisata Selam Tulamben

Analisis kesesuaian wisata selam dilakukan dengan mempertimbangkan faktor pembatas yang terdiri dari parameter kecerahan perairan, tutupan terumbu karang hidup, jenis *lifeform*, jenis ikan karang, kedalaman terumbu karang dan lebar hamparan terumbu karang. Proses analisis kesesuaian tersebut diawali dengan penyusunan matrik sekaligus pemberian bobot dan skoring pada semua parameter pembatas sesuai tingkat kepentingan. Parameter kecerahan dan tutupan karang hidup memiliki bobot paling tinggi dibandingkan parameter lain. Hal ini disebabkan karena kecerahan merupakan penentu penetrasi cahaya

untuk kelangsungan hidup bagi ekosistem terumbu karang. Dengan kecerahan yang tinggi, para wisatawan dapat dengan jelas melihat objek ekosistem terumbu karang. Sementara itu, tutupan karang hidup merupakan daya tarik wisatawan dalam menikmati keindahan bawah laut. Parameter penilaian kesesuaian ekowisata bahari dibedakan menjadi dua, yaitu pengaruh manusia dan bukan pengaruh manusia (Arifin *et al.*, 2002). Parameter yang tidak dipengaruhi oleh manusia meliputi kecerahan perairan, keragaman jenis terumbu karang dan ikan karang, sedangkan yang tidak dapat dipengaruhi oleh manusia seperti kedalaman perairan dan kecepatan arus.

Lokasi penyelaman di 14 titik penyelaman Tulamben termasuk dalam kategori sesuai. Berdasarkan hasil skoring dan pembobotan, maka dapat dijelaskan bahwa 10 titik penyelaman termasuk dalam kategori sesuai dan 4 titik penyelaman termasuk dalam kategori sesuai bersyarat. Hasil analisis kesesuaian wisata selam diperoleh dengan menggunakan kriteria sebagaimana tertera pada Tabel 4.7. Berdasarkan hasil penelitian Puspita *et al.*, (2016), Indeks kesesuaian wisata (IKW) di Perairan Tulamben kategori snorkeling dan selam termasuk dalam kategori tidak sesuai (N) dan sesuai (S2). Rendahnya tingkat kesesuaian di 4 titik penyelaman disebabkan oleh tutupan terumbu karang dan jumlah *lifeform* yang rendah. Faktor tutupan terumbu karang dan jumlah *lifeform* yang rendah menjadi faktor pembatas pada setiap titik penyelaman.

Parameter tutupan terumbu karang dan jumlah *lifeform* dapat ditingkatkan kuantitasnya dengan melakukan transplantasi terumbu karang ataupun terumbu karang buatan di sekitar Perairan Tulamben. Hasil analisis parameter kesesuaian dan analisis indeks kesesuaian wisata selam Tulamben disajikan pada Tabel 5.5. Peta kesesuaian wisata selam di kawasan wisata selam Tulamben disajikan pada Gambar 5.7.

Tabel 5.5. Hasil analisis kesesuaian wisata selam Tulamben

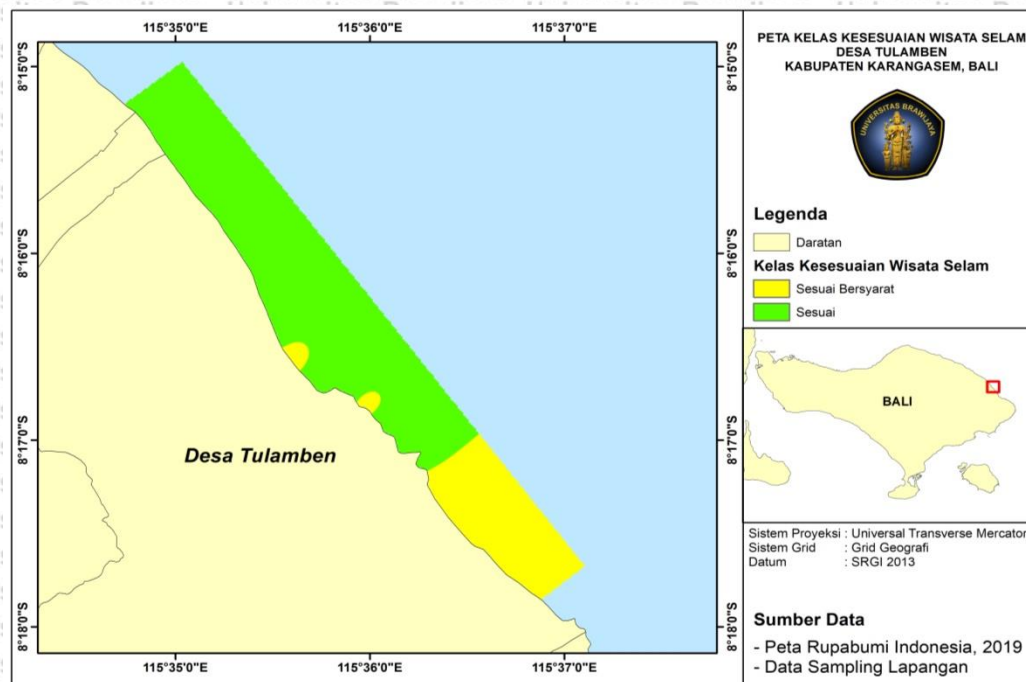
Parameter	Bobot	Stasiun													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Kecerahan Perairan (%)	5	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Tutupan Terumbu Karang (%)	5	0	0	0	0	0	5	0	0	5	5	0	0	0	5
Jumlah Lifeform	3	0	3	3	3	0	3	3	0	3	3	3	0	6	3
Jenis Ikan Karang	3	0	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Kecepatan Arus (cm/det)	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Kedalaman Terumbu Karang (m)	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total	18	21	27	27	27	21	32	27	24	32	32	27	24	30	32
IKW (%)		38,89	50,00	50,00	50,00	38,89	59,26	50,00	44,44	59,26	59,26	50,00	44,44	55,56	59,26
Kelas kesesuaian		SB	S	S	S	SB	S	S	SB	S	S	S	SB	S	S

Keterangan :

S : Sesuai

SB : Sesuai Bersyarat

TS : Tidak Sesuai



Gambar 5.7. Peta kelas kesesuaian wisata selam Tulamben

5.6. Daya Dukung Kawasan Wisata Selam Tulamben

Daya dukung suatu kawasan adalah kemampuannya untuk mendukung kegiatan wisata bahari disuatu kawasan, yang berkaitan dengan aktivitas manusia, dengan mempertimbangkan sumber daya alam lain dan keseimbangan diantara keduanya (Jurado *et al.*, 2012). Daya dukung kawasan wisata selam dihitung berdasarkan data luas perairan yang digunakan untuk kegiatan menyelam. Luas Perairan Tulamben diketahui dengan memanfaatkan data penginderaan jauh menggunakan citra landsat 8. Penginderaan Jauh merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk menentukan luasan dari pulau-pulau kecil (Setiawan *et al.*, 2016). Hasil penghitungan estimasi luasan perairan yang dimanfaatkan untuk kegiatan wisata selam di Perairan Tulamben yaitu sebesar 33,39 ha. Daya dukung wisata selam pada penelitian ini digunakan untuk menduga berapa banyak jumlah wisatawan yang dapat ditampung di kawasan wisata selam Tulamben dalam sehari. Hasil analisis daya dukung

kawasan wisata selam Tulamben termasuk dalam kategori kawasan layak dan belum melebihi batas daya dukung. Hasil analisis daya dukung kawasan wisata selam Tulamben dari seluruh titik penyelaman yang ada di Tulamben yaitu sebesar 267 orang/hari, sedangkan rata-rata harian pengunjung kawasan wisata selam Tulamben yaitu sebesar 91 orang/hari. Jika dilihat dari pemanfaatan saat ini dan dengan peningkatan kunjungan setiap tahun, maka kemungkinan pemanfaatan wisata selam akan mencapai daya dukung sampai lebih terutama pada musim puncak liburan (*peak season*) yaitu pada Bulan Juli – Bulan Oktober. Daya dukung kegiatan wisata selam dapat ditingkatkan dengan meningkatkan pengetahuan penyelam dalam berinteraksi dengan terumbu karang. Semakin tinggi pengetahuan dan pengalaman seorang penyelam semakin rendah tingkat kerusakan terumbu karang dan daya dukung kegiatan wisata selam juga akan meningkat (Davis and Tisdell 1996). Hasil analisis daya dukung kawasan wisata selam dihitung berdasarkan persamaan 6 dan disajikan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Hasil analisis daya dukung kawasan wisata selam Tulamben

Jenis Kegiatan	Luas area (m ²)	DDK (org/hari)	Rata-rata Kunjungan (org/hari)	Keterangan
Selam	333,900	267	91	Di bawah daya dukung

5.7. Keberlanjutan Pengelolaan Wisata Selam Tulamben

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang rentan mengalami kerusakan akibat aktivitas wisata (Pinto, 2015). Pariwisata pesisir menjadi jenis pariwisata yang paling berkembang di berbagai belahan dunia namun memiliki peluang dampak kerusakan lingkungan yang lebih besar, hal ini menyangkut atraksi dan destinasi yang mampu mengubah karakteristik pesisir (Hall, 2001; Zahedi, 2008).

Aktivitas pariwisata dan lingkungan saling terkait karena melibatkan banyak

aktivitas wisata yang akan berdampak pada lingkungan, ekonomi, fisik, dan sosial (Mola *et al.*, 2012; Rabbany *et al.*, 2013).

Keberlanjutan merupakan isu penting dalam pengembangan ekowisata di negara berkembang, hal ini disebabkan karena pengelolaan berkelanjutan menjadi kunci untuk daya saing destinasi pariwisata (Suddin *et al.*, 2017). Status keberlanjutan pengelolaan wisata selam Tulamben dapat dianalisis dengan pendekatan *Multi Dimensional Scaling* (MDS) yang merupakan pengembangan dari *Rapfish*. Data yang diperoleh dari hasil analisis dengan menggunakan software *Rapfish* (*Rapid Appraisal for Fisheries*) dengan membagi menjadi 5 (lima) dimensi, yaitu dimensi ekologi, dimensi ekonomi, dimensi sosial dan budaya, dimensi hukum dan kelembagaan serta dimensi infrastruktur dan teknologi. Nilai indeks keberlanjutan menggambarkan status keberlanjutan dalam pengelolaan di kawasan wisata selam Tulamben berdasarkan nilai *eksisting*. Status keberlanjutan ditentukan berdasarkan nilai indeks yang dihasilkan dengan cara memberikan nilai skoring pada masing-masing dimensi. Pada setiap dimensi terdiri dari beberapa atribut yang diukur sesuai dengan kebutuhan yang dianggap penting, baik secara kualitatif maupun kuantitatif, selanjutnya masing-masing atribut diberikan bobot (skor) berdasarkan pengamatan di lapangan dan literatur.

Ordinasi status keberlanjutan pada dasarnya memberikan ilustrasi tentang status keberlanjutan setiap dimensi sesuai dengan skor dari atribut-atributnya.

Nilai indeks diilustrasikan pada sumbu *axis* (x) yang mencerminkan status keberlanjutan kawasan wisata selam Tulamben, sedangkan sumbu *ordinat* (y) mengindikasikan variasi skor dari atribut-atribut yang telah di telaah (Rembet *et al.*, 2011).

Analisis *leverage* merupakan analisis untuk mengetahui faktor atau atribut sensitif yang mempengaruhi status keberlanjutan kawasan wisata selam

Tulamben dengan mengacu nilai RMS (*Root Mean Square*). RMS merupakan salah satu teknik analisis dalam statistik. RMS adalah metode alternatif untuk mengevaluasi teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil prakiraan suatu model. RMS diperoleh dari hitungan menguadratkan error (*predicted-observed*) dibagi dengan jumlah data (rata-rata) dan diakarkan.

Penentuan atribut sensitif secara grafis dapat dilihat dari bar yang panjang (nilai RMS tertinggi) pada atribut-atribut yang dievaluasi. (Mahida *et al.*, 2019).

5.7.1. Keberlanjutan Wisata Selam berdasarkan Dimensi Ekologi

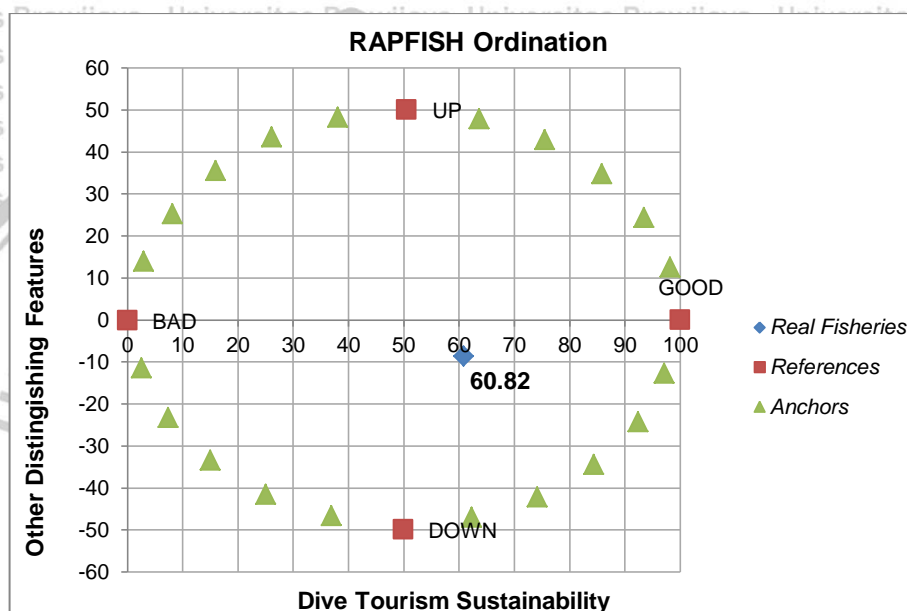
Dimensi ekologi merupakan dasar dari pengelolaan sumberdaya pesisir. Kondisi suatu kawasan pesisir dapat dilihat dari ketergantungan masyarakat terhadap ekosistem pesisir serta dampak yang ditimbulkan dari pemanfaatan tersebut bagi kondisi ekologi (Andronicus *et al.*, 2016). Status keberlanjutan pengelolaan wisata selam pada dimensi ekologi diukur dengan menggunakan 12 atribut yaitu : indeks dominansi ikan karang, indeks keseragaman ikan karang, keanekaragaman ikan karang, kedalaman perairan, kecepatan arus, kecerahan perairan, jumlah jenis *lifeform* terumbu karang, jumlah jenis ikan karang, persentase tutupan terumbu karang, status pencemaran, daya dukung kawasan wisata selam, kesesuaian wisata selam.

Atribut-atribut pada dimensi ekologi dipilih berdasarkan ketersediaan sumberdaya yang menggambarkan tentang kondisi pemanfaatan sumberdaya di kawasan wisata selam Tulamben. Atribut tersebut merupakan kondisi yang didapatkan dari hasil analisis ekologi Perairan Tulamben. Meskipun kondisi perairan baik, namun jika kondisi lainnya menurun akan menghasilkan nilai yang rendah. Hal ini disebabkan oleh keterkaitan antar sesama atribut sangat kuat.

Dimensi ekologi merupakan dasar dari pengelolaan sumberdaya pesisir, kondisi suatu kawasan pesisir dapat dilihat dari ketergantungan masyarakat terhadap

ekosistem pesisir serta dampak yang ditimbulkan dari pemanfaatan tersebut bagi kondisi ekologi (Mahida *et al.*, 2019).

Berdasarkan hasil analisis *Rapfish* dimensi ekologi pada kawasan wisata selam Tulamben, indeks keberlanjutan sebesar 60,82%. Berdasarkan kategori indeks keberlanjutan, nilai tersebut termasuk dalam kategori status cukup berkelanjutan (Amarullah, 2015). Hasil analisis Indeks ordinasi wisata selam Tulamben pada dimensi ekologi disajikan pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8. Indeks ordinasi wisata selam pada dimensi ekologi

Analisis *leverage* dimensi ekologi menunjukkan tiga atribut yang sensitif terhadap nilai indeks keberlanjutan (Gambar 5.9). Ketiga atribut sensitif terpilih tersebut menunjukkan nilai tiga besar dari semua atribut yang digunakan dalam dimensi ekologi. Atribut sensitif tersebut yaitu persentase tutupan terumbu karang hidup (3.14), indeks keanekaragaman jenis ikan karang (2.91), status pencemaran (2.67). Atribut sensitif merupakan permasalahan yang dapat mempengaruhi status keberlanjutan pengelolaan sumber daya perikanan sehingga dapat dijadikan sebagai acuan dalam pemilihan strategi pengelolaan (Fitrianti *et al.*, 2014).

Salah satu kategori dengan klasifikasi sensitivitas tertinggi untuk kerentanan terumbu karang adalah tutupan terumbu karang (Riniwati *et al.*, 2019).

Berdasarkan hasil pengamatan tentang persentase tutupan terumbu karang di kawasan wisata selam Tulamben, secara umum rata-rata tutupan terumbu karang hidup di Perairan Tulamben yaitu 20,16 %, kondisi tersebut termasuk dalam kategori rusak buruk (Gomez and Yap 1988). Sampai saat ini pemerintah

Kabupaten Karangasem telah melakukan upaya rehabilitasi terumbu karang dengan mengalokasikan anggaran konservasi dalam bentuk kegiatan transplantasi terumbu karang dan penanaman terumbu karang buatan di Perairan Tulamben, namun upaya rehabilitasi tersebut masih terkendala dengan anggaran dana. Alokasi dana rehabilitasi dan konservasi terumbu karang sudah tersedia akan tetapi masih belum tercukupi. Sejak tahun 2019 sampai saat ini, pemerintah daerah Kabupaten Karangasem, pemangku adat Desa Tulamben dan Organisasi Pemandu Selam Tulamben (OPST) sudah melakukan upaya rehabilitasi dengan pembuatan *hexadome* (*artificial reef*) dan transplantasi terumbu karang. Upaya rehabilitasi dan konservasi untuk memperbaiki kondisi ekosistem terumbu karang tersebut terus dilakukan agar secara perlahan ekosistem terumbu karang dapat pulih kembali.

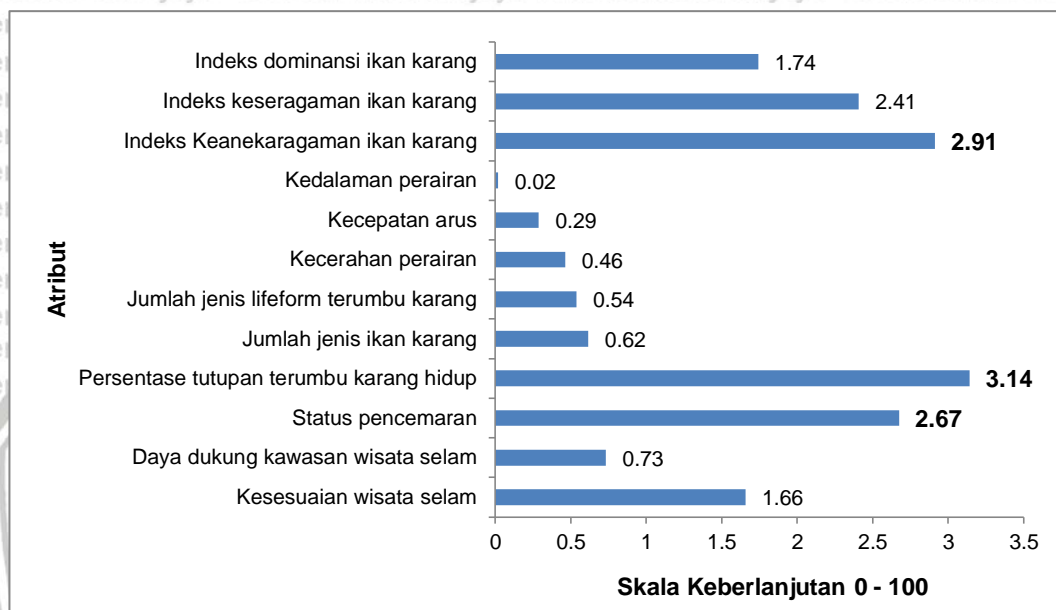
Struktur komunitas ikan karang yang terdapat di Perairan Tulamben berada dalam kondisi stabil dengan jumlah setiap individu atau spesies tersebar merata dan tidak ada yang mendominasi dan memiliki kesamaan komunitas ikan karang yang ditunjukkan dengan nilai Indeks keanekaragaman yang tinggi, keseragaman yang tinggi dan dominansi yang rendah. Indeks keanekaragaman ikan karang di lokasi penelitian termasuk dalam kategori tinggi yaitu sebesar 3.978. Tingginya nilai indeks keanekaragaman jenis ikan karang menggambarkan bahwa tidak ada spesies yang terlalu mendominasi.

Peningkatan atribut sensitif pada indeks keanekaragaman jenis ikan karang dapat dilakukan dengan rehabilitasi terumbu karang dengan transplantasi terumbu karang dan penanaman terumbu karang buatan sebagai tempat tinggal ikan serta mempertahankan kualitas perairan yang mendukung kesehatan dan pertumbuhan terumbu karang. Penanaman terumbu karang buatan saat ini menjadi alternatif paling memungkinkan untuk dilakukan dalam meningkatkan dimensi ekologi pada kawasan wisata selam Tulamben. Aspek mendasar dalam program pengembangan terumbu buatan ialah proses rekrutmen dari burayak ikan yang tumbuh menjadi populasi ikan dan selanjutnya merupakan sumberdaya perikanan (Hutomo, 1991). Berdasarkan hasil penelitian Yanuar dan Aunurohim (2015) Jumlah individu tercatat pada terumbu buatan berbentuk Kubus Piramida (KP) ditemukan sebanyak 1243 individu, terumbu buatan berbentuk *Reef Ball* (RB) sebanyak 1011 individu dan di terumbu buatan berbentuk Kubus Tersebar (KT) hanya ditemukan 129 individu.

Hasil analisis perhitungan status mutu perairan kawasan wisata selam Tulamben termasuk dalam mutu kelas II dengan skor -28 sehingga dinyatakan cemar sedang. Berdasarkan hasil analisis, parameter kimia menunjukkan nilai tinggi yaitu Amonia Bebas ($\text{NH}_3\text{-N}$), Fospat (PO_4), Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$). Parameter meter kimia tersebut diduga bersumber dari limbah sabun dari industri wisata yang masuk kedalam perairan.

Pencemaran perairan sangat berpengaruh terhadap kondisi ekosistem terumbu karang dan ikan karang yang menjadi daya tarik dalam kegiatan wisata selam. Pencemaran di Perairan Tulamben diduga berasal dari limbah penduduk dan hotel serta restoran di lokasi wisata. Untuk mengurangi tingkat pencemaran yang berasal dari hotel dan restoran disarankan untuk pemasangan instalasi pengolahan air limbah guna mengurangi limbah yang dihasilkan oleh hotel dan restoran serta dapat memanfaatkan hasil pengolahan air limbah untuk kebutuhan

taman di hotel dan restoran. Hasil pengolahan air limbah yang diklasifikasikan sebagai air irigasi, yang mana air ini dimanfaatkan untuk penyiraman taman hotel, golf dan seluruh area taman di Kawasan Pariwisata Nusa Dua (Andini dan Arida 2019). Hasil analisis *leverage* (atribut sensitif) pada dimensi ekologi disajikan pada Gambar 5.9.

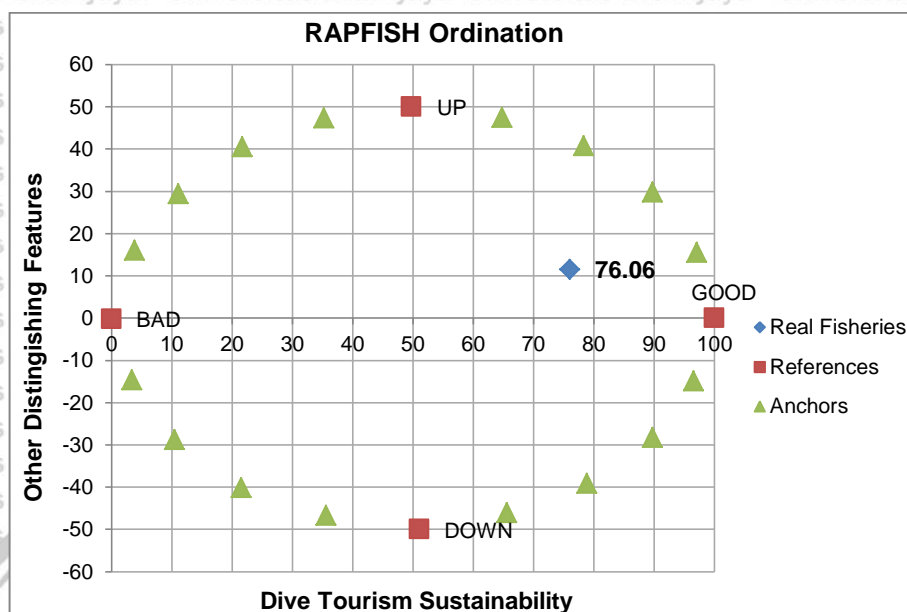


Gambar 5.9. Hasil analisis *leverage* (atribut sensitif) status keberlanjutan wisata selam pada dimensi ekologi yang dinyatakan dalam bentuk perubahan nilai *Root Mean Square* (RMS).

5.7.2. Keberlanjutan Wisata Selam berdasarkan Dimensi Ekonomi

Keberlanjutan wisata selam pada dimensi ekonomi dianalisis dengan menggunakan 10 atribut. Atribut tersebut yaitu : Pendapatan asli daerah (PAD), anggaran konservasi, Industri pariwisata, tren keuntungan industri pariwisata, keuntungan industri pariwisata, pendapatan masyarakat, peluang kerja, usia tenaga kerja, *Corporate Sosial Responsibility* (CSR), pertumbuhan industri pariwisata. Atribut pada dimensi ekonomi dipilih berdasarkan parameter yang berpengaruh terhadap kesejahteraan masyarakat. Status keberlanjutan wisata selam pada dimensi ekonomi menunjukkan hasil sebesar 76,06%. Berdasarkan kategori indeks keberlanjutan, nilai tersebut termasuk dalam kategori status

sangat berkelanjutan (Amarullah, 2015). Hasil analisis ordinasi wisata selam Tulamben pada dimensi ekonomi disajikan pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10. Indeks ordinasi wisata selam pada dimensi ekonomi

Analisis *leverage* dimensi ekonomi menunjukkan tiga atribut yang sensitif terhadap nilai indeks keberlanjutan (Gambar 5.12). Ketiga atribut sensitif terpilih tersebut menunjukkan nilai tiga besar dari semua atribut yang digunakan dalam dimensi ekonomi. Atribut yang sensitif dan berpengaruh terhadap status keberlanjutan pada dimensi ekonomi yaitu Industri pariwisata (5,48), anggaran konservasi (4,86) dan pendapat asli daerah (3,95).

Industri pariwisata merupakan usaha yang mendukung kegiatan wisata selam seperti ketersediaan *dive operator*, penginapan, restoran dan industri lainnya yang masih terbatas. Pada Tahun 2019 ada sekitar 31 hotel/penginapan di Tulamben dan 30 restoran/rumah makan, sedangkan *dive operator* yang tersedia di Tulamben yaitu 30 *dive operator*. Perbandingan jumlah penginapan dan jumlah *dive operator* dengan jumlah penyelam yang terus meningkat akan berdampak pada daya tarik wisata. Kondisi pada saat *peak season*, para

penyelam sebagian besar melakukan kegiatan wisata Tulamben dengan mengikuti paket wisata. Sebagian besar penyelam yang berkunjung ke kawasan wisata selam Tulamben menggunakan paket wisata yang sudah disiapkan penginapan dan peralatan selam dari Denpasar. Hal ini dilakukan karena jumlah penginapan dan *dive center* yang ada di Tulamben yang masih terbatas. Perkembangan jumlah penginapan dan rumah makan di kawasan wisata Tulamben dalam jangka waktu 5 tahun terakhir disajikan dalam Tabel 5.7.

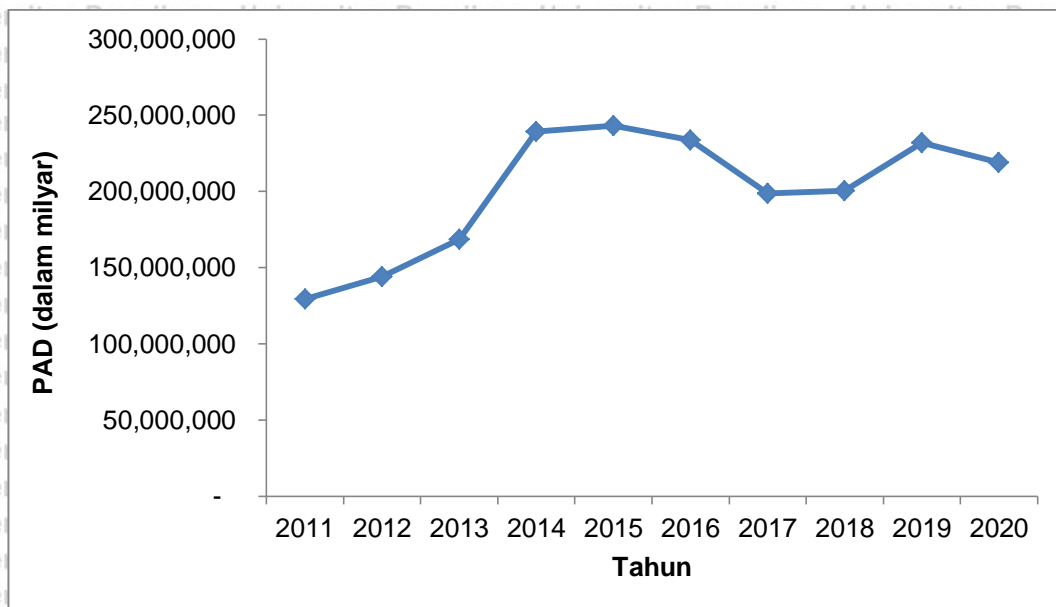
Tabel 5.7. Penginapan dan rumah makan di kawasan wisata Tulamben

Tahun	Penginapan	Rumah Makan
2015	23	48
2016	23	48
2017	23	48
2018	34	48
2019	31	30

Sumber : (Badan Pusat Statistik, 2020)

Secara umum dalam jangka waktu 10 tahun terakhir, trend pendapatan asli daerah (PAD) Kabupaten Karangsem mengalami fluktuasi. Pada Tahun 2011-2015 diketahui bahwa pendapatan asli daerah mengalami kenaikan yang sangat tinggi. Peningkatan PAD Kabupaten karangasem disebabkan oleh penerimaan dari pajak hotel, pajak restoran, dan pajak hiburan sangat besar. Pada 2011-2015 jumlah wisatawan yang datang ke Kabupaten Karangasem mengalami peningkatan, yang mempengaruhi peningkatan pendapatannya. (Lasari, 2016).

Secara detail trend pendapatan asli daerah Kabupaten Karangasem disajikan pada Gambar 5.11.

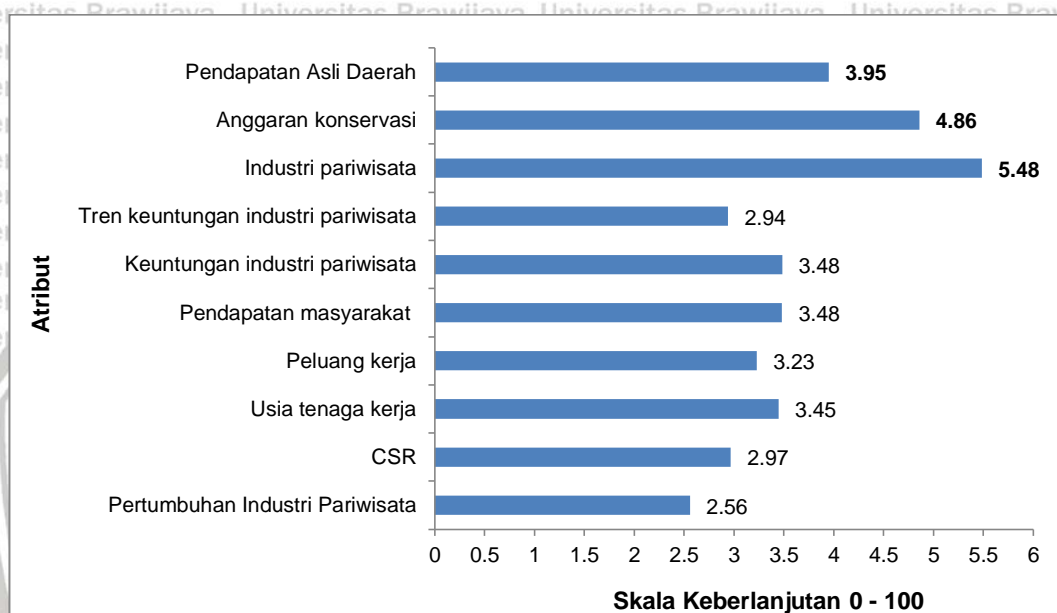


Gambar 5.11. Trend pendapatan asli daerah Kabupaten Karangasem dalam jangka waktu 10 tahun terakhir (sumber :Badan Pusat Statistik, 2021)

Tingginya jumlah kunjungan penyelam kawasan wisata selam Tulamben yang tidak dapat dikontrol akan memberikan tekanan yang berlebih sehingga menjadi ancaman yang dapat menimbulkan kerusakan objek wisata. Dalam jangka panjang, hal ini dapat membahayakan baik bagi ekosistem bawah laut Tulamben serta bidang perikanan dan pariwisata yang menjadi potensi desa Tulamben. Menyadari potensi dan sekaligus ancaman yang dihadapi, Pemerintah Desa Tulamben melakukan upaya dengan membuat daya tarik lokasi alternatif penyelaman baru. Upaya ini dilakukan dengan mengalokasikan anggaran untuk pembuatan hexadome (*artificial reef*) untuk tempat transplantasi terumbu karang. Program tersebut dilaksanakan dengan alokasi dana anggaran konservasi sebesar Rp 42.306.512,-. Dana anggaran konservasi tersebut digunakan untuk pembuatan terumbu karang buatan berbentuk *hexadome* sebanyak 35 buah yang dikerjakan secara swakelola. Pada pertengahan bulan

juli tahun 2019 terumbu karang berbentuk hexadom tersebut berhasil diturunkan di sekitar titik penyelaman *Coral Garden*.

Berdasarkan hasil analisis *leverage* pada dimensi ekonomi, maka dipandang perlu untuk meningkatkan ketiga atribut tersebut untuk meningkatkan keberlanjutan wisata selam pada dimensi ekonomi. Hasil analisis *leverage* (atribut sensitif) pada dimensi ekonomi disajikan pada Gambar 5.12.

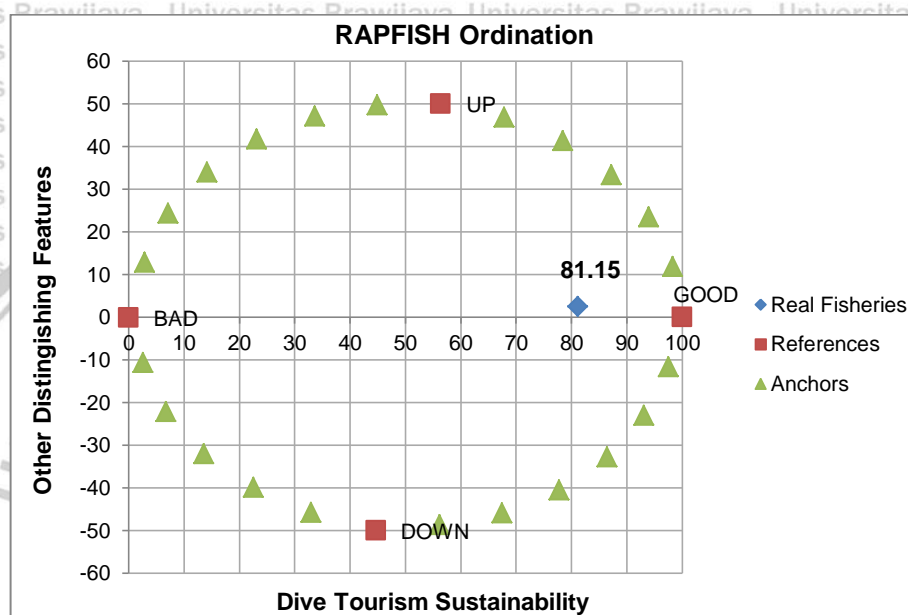


Gambar 5.12. Hasil analisis *leverage* (atribut sensitif) status keberlanjutan wisata selam pada dimensi ekonomi yang dinyatakan dalam bentuk perubahan nilai *Root Mean Square* (RMS).

5.7.3. Keberlanjutan Wisata Selam berdasarkan Dimensi Sosial-Budaya

Analisis status keberlanjutan wisata selam pada dimensi sosial-budaya dilakukan dengan menganalisis 13 atribut. Atribut-atribut tersebut meliputi : pengetahuan masyarakat tentang pengelolaan, populasi penduduk, peranan tokoh masyarakat dalam pengelolaan, peranan pemerintah dalam pengelolaan, daya tarik wisata, konflik sosial, jumlah penyelam (wisatawan), peranan adat dalam pengelolaan, keharmonisan masyarakat dan wisatawan, keamanan kawasan wisata, kebersihan kawasan wisata, kegiatan rehabilitasi, pemberdayaan masyarakat. Atribut-atribut tersebut mengacu pada beberapa

faktor sosial yang dianggap penting dan berpengaruh terhadap kehidupan sosial masyarakat di Pesisir Tulamben. Hasil analisis *Rapfish* pada dimensi sosial-budaya memiliki skor 81,25%. Berdasarkan kategori indeks keberlanjutan, nilai tersebut termasuk dalam kategori status sangat berkelanjutan (Amarullah, 2015). Hasil analisis ordinasi wisata selam Tulamben pada dimensi sosial-budaya disajikan pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13. Indeks ordinasi wisata selam pada dimensi sosial-budaya

Analisis *leverage* dimensi sosial-budaya menunjukkan tiga atribut yang sensitif terhadap nilai indeks keberlanjutan (Gambar 5.14). Ketiga atribut sensitif terpilih tersebut menunjukkan nilai tiga besar dari semua atribut yang digunakan dalam dimensi sosial-budaya. Hasil analisis *leverage* yang memiliki pengaruh terhadap keberlanjutan pada dimensi-sosial budaya yaitu daya tarik wisata (4,82), jumlah penyelam (wisatawan) (3,32), populasi penduduk (2,88).

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia No. 10 tahun 2009 Tentang kepariwisataan, Daya Tarik Wisata dijelaskan sebagai segala sesuatu yang memiliki keunikan, kemudahan, dan nilai yang berupa keanekaragaman kekayaan alam, budaya, dan hasil buatan manusia yang menjadi sasaran atau

kunjungan wisatawan. Daya tarik wisata selam Tulamben yang sangat terkenal adalah keberadaan *shipwreck USAT Liberty*. Namun demikian, kondisi titik penyelaman yang lain tidak terkenal, sehingga atribut pada daya tarik wisata menjadi salah satu faktor atribut yang sensitif. Secara umum lokasi penyelaman terdapat 14 titik penyelaman yang memiliki keindahan dan keunikan tersendiri, namun demikian pihak pengelola kawasan wisata kurang memperhatikan dan memperkenalkan lokasi tersebut. Dalam penelitian sudah dijelaskan lokasi tersebut pada sub bab kondisi *eksisting* kawasan wisata selam Tulamben.

Pada tahun 2008-2014 terjadi peningkatan jumlah penyelam (wisatawan) secara signifikan. Pada tahun 2008 jumlah penyelam yang datang ke Tulamben sebesar 16.121 orang, sedangkan pada tahun 2014 sebesar 77.842 orang. Selama kurun waktu tahun 2008-2014 terjadi peningkatan sebesar 79,21 % (61.630 orang). Pada tahun 2015-2017 terjadi penurunan jumlah penyelam yang berkunjung ke Tulamben. Pada tahun 2015 jumlah penyelam yang datang ke kawasan wisata selam Tulamben sebesar 35.975 orang, sedangkan pada tahun 2017 sebesar 21.589 orang. Selama kurun waktu tahun 2015-2017 terjadi penurunan jumlah penyelam sebesar 66,64 % (14.386 orang). Salah satu penyebab penurunan jumlah penyelam di Tulamben diduga diakibatkan penutupan kawasan wisata selam Tulamben yang diakibatkan karena erupsi Gunung Agung yang terjadi pada tahun 2017.

Peningkatan jumlah penyelaman (wisatawan), membuat Pemerintah Daerah Kabupaten Karangasem mengeluarkan peraturan dengan tujuan melestarikan keberadaan *shipwreck USAT Liberty*. Peraturan Pemerintah Daerah Kabupaten Karangasem yang mengatur tentang pengelolaan kawasan wisata Tulamben tertuang dalam beberapa peraturan yaitu:

1. Peraturan Daerah Kabupaten Karangasem Nomor 17 Tahun 2012 Tentang Rencana tata Ruang Wilayah Kabupaten Karangasem Tahun 2012-2032.

2. Peraturan Daerah Kabupaten Karangasem Nomor 6 Tahun 2018 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Daerah Nomor 3 Tahun 2010 Tentang Retrebusi Tempat Rekreasi dan Olah Raga.

3. Peraturan Bupati Karangasem Nomor 27 Tahun 2019 Tentang Perubahan Atas Peraturan Bupati Nomor 52 Tahun 2017 Tentang Pengelolaan Daya Tarik Wisata.

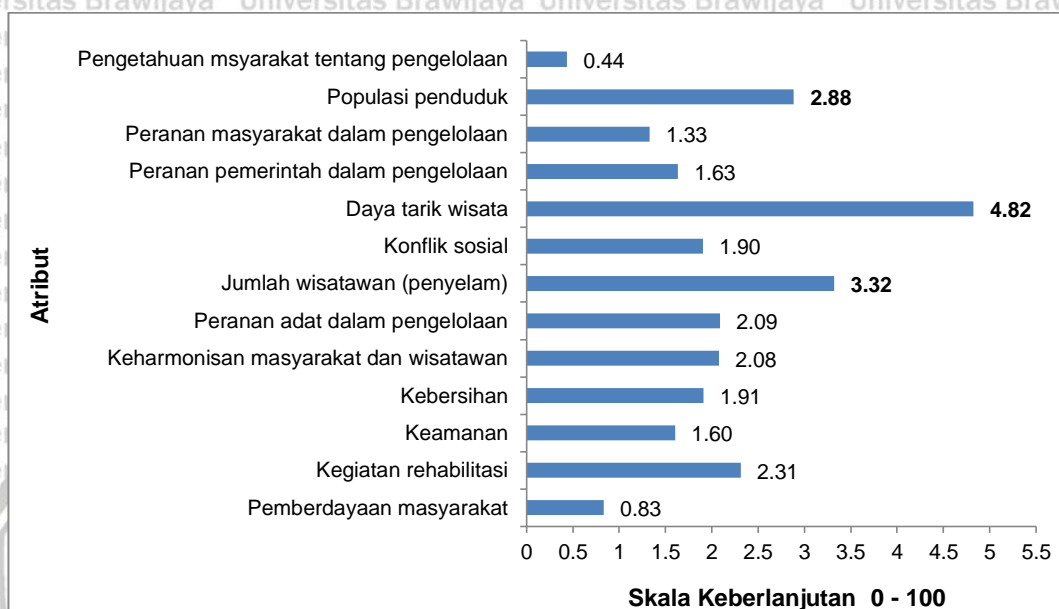
4. Peraturan Bupati Karangasem Nomor 12 Tahun 2019 Tentang Tata Cara Pelaksanaan Pemungutan Retrebusi Tempat Rekreasi dan Olah Raga serta Daya Tarik Wisata.

Jumlah populasi penduduk di suatu wilayah dipengaruhi perubahan populasi baik yang terjadi secara alami atau karena adanya perpindahan penduduk (migrasi). Apabila ditinjau dari faktor alami, maka jumlah populasi penduduk dipengaruhi oleh angka kelahiran dan kematian, sedangkan secara migrasi maka populasi penduduk dipengaruhi oleh migrasi masuk (imigrasi) dan migrasi keluar (emigrasi). Perkembangan pertumbuhan penduduk dibuat berdasarkan jumlah populasi penduduk di Desa Tulamben yang mencapai 11.223 jiwa pada tahun 2019. Pada tahun 2014-2019 terjadi peningkatan jumlah penduduk. Pada tahun 2014 jumlah penduduk Desa Tulamben sebesar 8.999 jiwa, sedangkan pada tahun 2019 sebesar 11.223 jiwa. Selama kurun waktu tahun 2014-2019 terjadi peningkatan jumlah penduduk sebesar 19,82 % (2.224 jiwa). Salah satu penyebab peningkatan jumlah penduduk Desa Tulamben diduga diakibatkan oleh peningkatan aktivitas kegiatan wisata selama di Desa Tulamben.

Sebagai wilayah yang menjadi pusat pertumbuhan ekonomi, kawasan wisata selama Tulamben memiliki tingkat imigrasi yang tinggi. Keberadaan wisata selama adalah daya tarik utama untuk menetap di kawasan ini. Pertumbuhan populasi yang tinggi tentu saja dapat meningkatkan perekonomian, akan tetapi dapat

memiliki dampak buruk bagi lingkungan yaitu terjadinya pencemaran lingkungan.

Oleh karena itu, dimensi sosial-budaya besarnya populasi akan menjadi salah satu atribut sensitif dalam keberlanjutan wisata selam. Hasil analisis *laverage* (atribut sensitif) pada dimensi sosial- budaya disajikan pada Gambar 5.14.

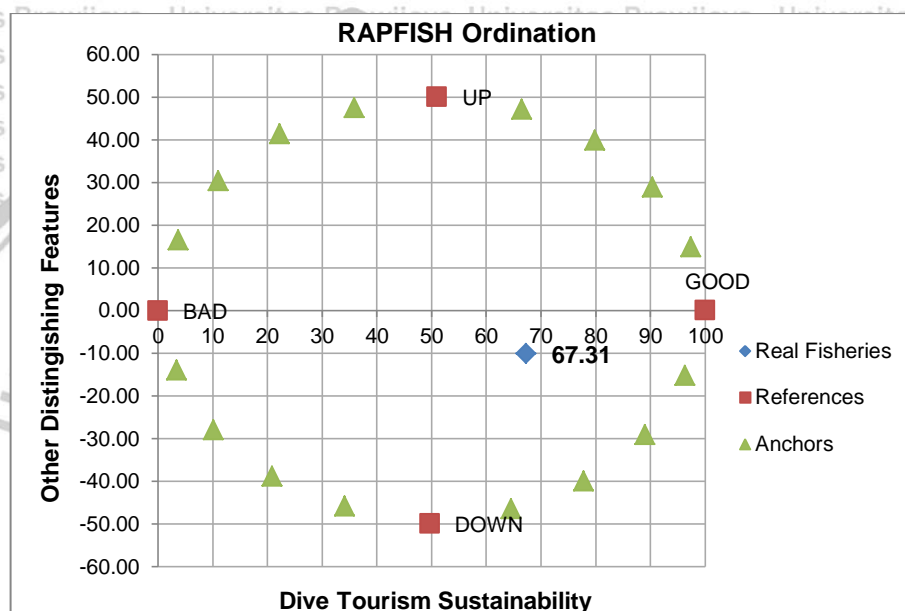


Gambar 5.14. Hasil analisis *laverage* (atribut sensitif) status keberlanjutan wisata selam pada dimensi sosial-budaya yang dinyatakan dalam bentuk perubahan nilai *Root Mean Square* (RMS).

5.7.4. Keberlanjutan Wisata Selam berdasarkan Dimensi Hukum dan Kelembagaan

Analisis status keberlanjutan wisata selam pada dimensi hukum dan kelembagaan dilakukan dengan menganalisis 10 atribut yaitu : sinergitas kebijakan pemerintah daerah dan pemerintah provinsi, peranan *non government organization* (NGO), pertumbuhan lembaga/kelompok masyarakat, ketersediaan kelompok pemandu wisata selam, peranan kelompok masyarakat dalam pengawasan, peranan hukum adat dalam pengelolaan, peranan hukum adat dalam pengelolaan, regulasi tingkat daerah untuk pengelolaan wisata, jumlah tenaga keamanan lokal (pecalang), kepatuhan pengelola wisata dalam menjalankan dokumen pengelolaan wisata, penegakan hukum dan regulasi.

Dimensi hukum dan kelembagaan merupakan sistem norma yang dibentuk untuk mencapai tujuan bersama, yaitu peningkatan kesejahteraan. Skor hasil analisis *Rapfish* pada dimensi hukum dan kelembagaan adalah 67,31%. Berdasarkan kategori indeks keberlanjutan, skor nilai tersebut termasuk dalam kategori status cukup berkelanjutan (Amarullah, 2015). Hasil analisis ordinas wisata selam Tulamben pada dimensi hukum dan kelembagaan disajikan pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15. Indeks ordinas wisata selam pada dimensi hukum dan kelembagaan

Secara umum hasil analisis *laverage* dimensi hukum dan kelembagaan dari masing-masing atribut menunjukkan hasil yang tinggi. Hasil analisis *leverage* dimensi hukum dan kelembagaan yang terpilih menunjukkan nilai tiga besar dari atribut yang sensitif terhadap nilai indeks keberlanjutan (Gambar 5.16). Ketiga hasil analisis *leverage* yang sensitif terhadap keberlanjutan pada dimensi hukum dan kelembagaan yaitu kelompok pemandu wisata selam lokal (3,82), jumlah tenaga keamanan lokal (pecalang) (3,74), pertumbuhan lembaga/kelompok masyarakat (3,61). ketiga atribut daya ungkit (*laverage*) yang tinggi pada dimensi

hukum dan kelembagaan menunjukkan bahwa fungsi dan peranan kelembagaan yang dibentuk oleh masyarakat belum optimal dalam rangka pengelolaan wisata selam Tulamben. Kerangka hukum dan kelembagaan dalam pengelolaan sumber daya laut dan pesisir harus menjadi prioritas pemerintah untuk menjaga keberlanjutan sumber daya laut dan pesisir. Hal ini bertujuan untuk mencegah kerusakan yang disebabkan oleh berbagai kegiatan masyarakat. Instrumen kerangka hukum sangat penting karena menjadi referensi dan pedoman evaluasi dari semua kegiatan pemanfaatan wilayah pesisir dan laut (Berhita *et al.*, 2016).

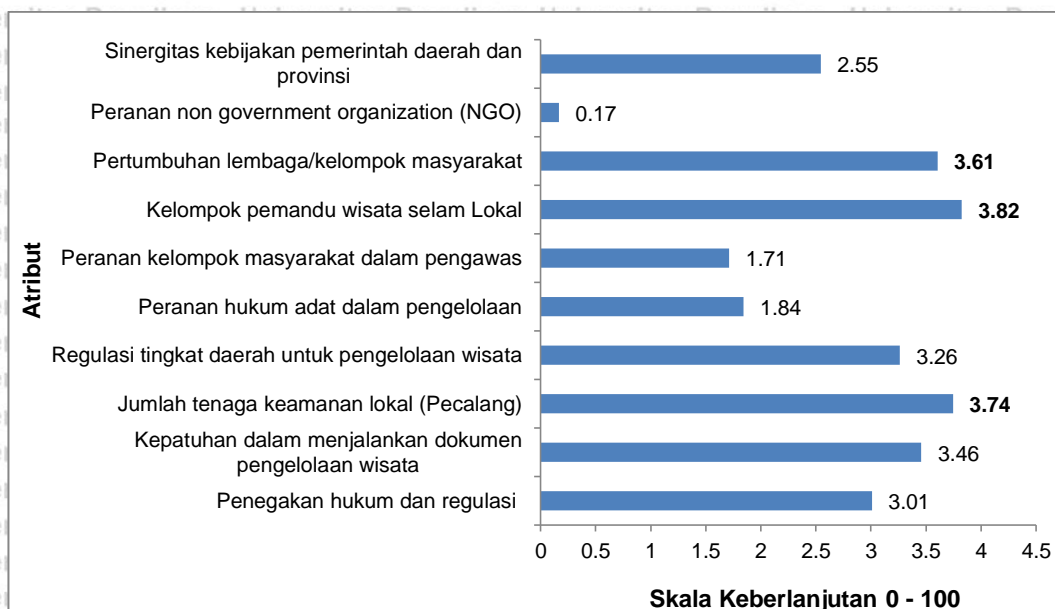
Kriteria utama dalam persyaratan wisata selam adalah kompetensi atau lisensi pemandu dan instruktur selam dari agen pelatihan nasional/internasional yang bereputasi baik serta pengetahuan dan rekam jejak tentang lokasi penyelaman dan kemampuan penanganan keselamatan wisatawan, termasuk penanganan keadaan darurat di bawah air. Hal ini dikarenakan dalam wisata selam, aset utama yang dapat ditawarkan pada wisatawan adalah keindahan di bawah laut, sehingga peran dari instruktur selam sangat besar (Kristiningrum dan Isharyadi, 2018)

Dalam rangka meningkatkan mutu pelayanan terhadap penyelam, masyarakat lokal Desa Tulamben membentuk kelompok Organisasi Pemandu Selam Tulamben (OPST). OPST merupakan organisasi masyarakat lokal Tulamben yang memberikan pelayanan pemandu selam di Tulamben. Kelompok masyarakat yang lain yaitu Kelompok Sekar Baruna, kelompok sekar Baruna merupakan kelompok masyarakat lokal yang membantu para wisatawan untuk menyiapkan peralatan selam di lokasi titik penyelaman. Kedua organisasi kelompok masyarakat yang memandu penyelam tersebut memiliki hubungan simbiosis mutualisme. Dimana para penyelam dapat terbantu dengan adanya OPST dan Sekar Baruna dalam menyiapkan peralatan selam, sedangkan OPST

dan Sekar Baruna mendapatkan upah atas jasa yang telah diberikan kepada para penyelam.

Peningkatan jumlah penyelam (wisatawan) meningkat setiap tahun tidak mencukupi kebutuhan tenaga pemandu selam yang disediakan oleh OPST. Hal ini menyebabkan pemandu selam yang berasal dari luar Tulamben berdatangan untuk mencukupi kebutuhan tenaga pemandu selam. Hal ini tentunya sangat merugikan bagi masyarakat Desa Tulamben. Guna meningkatkan keberlanjutan pada dimensi hukum dan kelembagaan di kawasan wisata selam Tulamben, maka harus meningkatkan jumlah pemandu selam lokal Tulamben. Hal ini tentunya diperlukan peran pemerintah daerah sangat diperlukan untuk meningkatkan kemampuan masyarakat Tulamben khususnya pemuda yang belum memiliki *skill* sebagai pemandu selam.

Keamanan merupakan indikator yang berpengaruh dalam analisis keberlanjutan kawasan wisata selam Tulamben pada dimensi hukum dan kelembagaan. Salah satu strategi pengembangan ekowisata bahari di Indonesia adalah meningkatkan keamanan wisata bahari (Arismiyanti, 2017). Kawasan wisata Tulamben memiliki 2 orang personel keamanan yaitu pecalang. Jumlah 2 orang pecalang masih sangat kurang jika dibandingkan dengan jumlah pengunjung yang terus meningkat serta dan jumlah titik penyelaman yang berjumlah 14 lokasi. Guna meningkatkan keberlanjutan pada dimensi hukum dan kelembagaan di kawasan wisata selam Tulamben maka di perlukan strategi peningkatan jumlah pecalang sebagai pemantau keamanan. Salah satu faktor terpenting yang menjaga pengunjung tetap berkunjung ke tempat tujuan adalah keamanan tempat tersebut. Keamanan juga merupakan salah satu kunci menuju pariwisata berkelanjutan (Prashyanusorn *et al.*, 2010). Hasil analisis *laverage* (atribut sensitif) pada dimensi Hukum dan Kelembagaan disajikan pada Gambar 5.16.



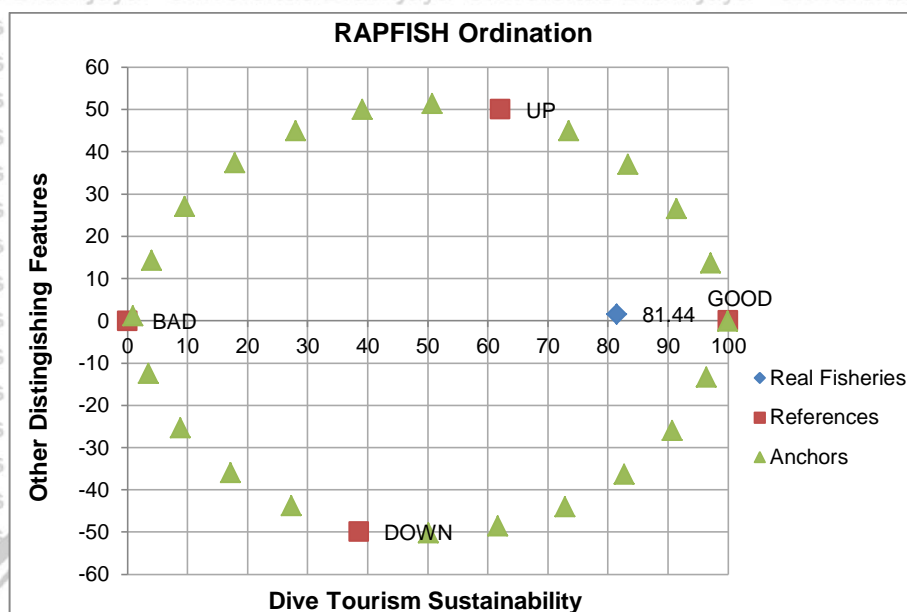
Gambar 5.16. Atribut sensitif status keberlanjutan wisata selam pada dimensi hukum dan kelembagaan yang dinyatakan dalam bentuk perubahan nilai *Root Mean Square* (RMS)

5.7.5. Keberlanjutan Wisata Selam berdasarkan Dimensi Infrastruktur dan Teknologi

Indikator yang digunakan pada dimensi infrastruktur dan teknologi terdiri dari 12 atribut yaitu : akses informasi wisata selam, ketersediaan tempat ibadah, pemasaran wisata selam secara *online*, sarana angkutan umum menuju lokasi wisata, ketersediaan air tawar, ketersediaan perahu/jukung pendukung wisata selam, ketersediaan persewaan alat selam, ketersediaan hotel/penginapan, ketersediaan rumah makan/restoran, akses jalan menuju ke lokasi wisata, ketersediaan fasilitas kesehatan, jumlah spot wisata selam.

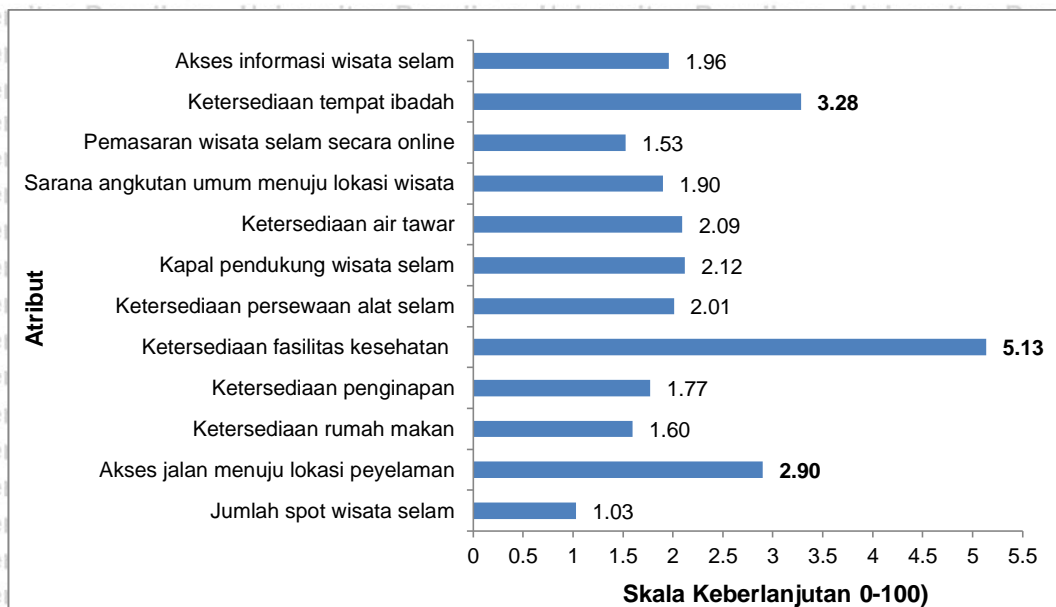
Atribut-atribut yang digunakan pada dimensi infrastruktur dan teknologi merupakan infrastruktur dan teknologi yang dibutuhkan dalam pengelolaan wisata selam di kawasan wisata selam Tulamben. Keberlanjutan wisata selam pada dimensi infrastruktur dan teknologi berada pada skor 81,44%. Berdasarkan kategori indeks keberlanjutan, nilai tersebut termasuk dalam kategori status

sangat berkelanjutan (Amarullah, 2015). Hasil analisis ordinasi wisata selam Tulamben pada dimensi infrastruktur dan teknologi disajikan pada Gambar 5.17.



Gambar 5.17. Indeks ordinasi wisata selam pada dimensi infrastruktur dan teknologi

Analisis *leverage* dimensi infrastruktur dan teknologi menunjukkan tiga atribut yang sensitif terhadap nilai indeks keberlanjutan (Gambar 5.18). Ketiga atribut sensitif terpilih tersebut menunjukkan nilai tiga besar dari semua atribut yang digunakan dalam dimensi infrastruktur dan teknologi. Hasil analisis *leverage* yang menjadi faktor pengungkit pada dimensi infrastruktur dan teknologi yaitu: ketersediaan fasilitas kesehatan (5,13), ketersediaan tempat ibadah (3,28), akses jalan menuju lokasi penyelaman (2,90). Kurangnya fasilitas pendukung wisata seperti fasilitas kesehatan, tempat ibadah dan akses jalan menuju lokasi wisata menyebabkan ketidaknyamanan para wisatawan dan berdampak pada daya tarik wisata. Hasil analisis *leverage* (Atribut sensitif) pada dimensi infrastruktur dan teknologi disajikan pada Gambar 5.18.



Gambar 5.18. Hasil analisis *laverage* (Atribut sensitif) status keberlanjutan wisata selam pada dimensi infrastruktur dan teknologi yang dinyatakan dalam bentuk perubahan nilai *Root Mean Square* (RMS)

Wisata bahari yang meliputi wisata selam, wisata perahu layar, wisata memancing, wisata selancar, dermaga bahari memiliki resiko menyangkut keselamatan, dan keamanan wisatawan merupakan jenis wisata alam yang bersama-sama dengan ekowisata dan wisata petualangan merupakan tujuan dari 35% dari wisatawan yang datang ke Indonesia (Kristiningrum and Isharyadi, 2018). Peningkatan minat wisata selam, harus diiringi oleh peningkatan fasilitas kesehatan yang mampu menangani cedera yang disebabkan oleh kecelakaan menyelam. Kecelakaan menyelam yang umum terjadi antara lain serangan yang terjadi pada paru berpotensi mengancam nyawa, memerlukan perawatan hiperbarik. Penyakit dekompresi adalah hasil pembentukan gelembung di jaringan tubuh. Gejala penyakit dekompresi berkisar dari nyeri sendi hingga masalah neurologis atau paru (Clenney and Lassen, 1996). Di Indonesia, dari tahun ke tahun jumlah kecelakaan selam bervariasi. Korban wisatawan penyelam asing maupun wisatawan lokal dimana sepanjang tahun 2015 terdapat sedikitnya

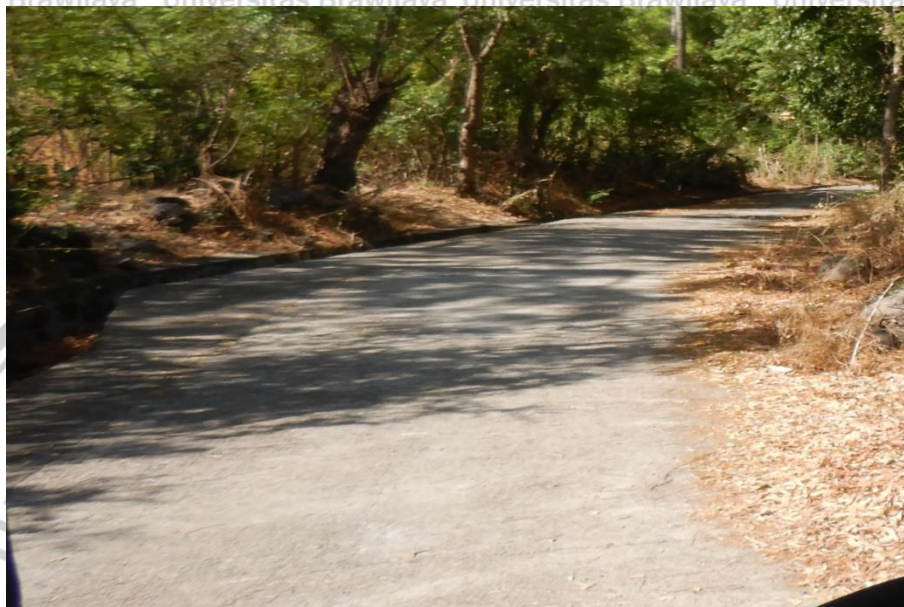
8 korban kecelakaan yang diakibatkan kepanikan dan menyebabkan penyelam hilang (Kristiningrum dan Isharyadi, 2018).

Fasilitas kesehatan merupakan infrastruktur penting yang harus ada disekitar kawasan wisata selam. Kawasan wisata selam Tulamben memiliki 1 tempat praktek dokter umum dan 1 Pos Kesehatan Desa (Poskesdes) sedangkan untuk fasilitas puskesmas terletak di Desa Kubu yang berjarak \pm 10 km dari kawasan wisata Tulamben (Badan Pusat Statistik, 2020). Untuk meningkatkan atribut fasilitas kesehatan, maka sangat diperlukan infrastruktur berupa fasilitas kesehatan yang khusus menangani kecelakaan akibat kegiatan wisata selam.

Tempat peribadatan merupakan hal penting yang harus ada di setiap kota. Sarana tempat peribadatan tersebut dibangun untuk memenuhi kebutuhan spiritual umat beragama dalam melaksanakan kewajiban beribadah kepada Tuhan Yang Maha Esa. Wisatawan yang berkunjung sering memanfaatkan tempat peribadatan sebagai sarana untuk melaksanakan kebutuhan pokok umat beragama. Salah satu Kriteria dan standar minimal sarana prasarana daerah wisata adalah fasilitas sarana ibadah (Yoeti, 1996). Sarana tempat peribadatan yang tersedia di Desa Tulamben yaitu pura dengan jumlah 25 pura. Sarana peribadatan agama lain masih belum tersedia. Guna meningkatkan keberlanjutan dalam dimensi sosial-budaya, maka pengelola dapat membangun sarana tempat ibadah agama lain.

Infrastruktur berupa akses jalan menuju ke lokasi penyelaman merupakan unsur penting yang harus diperhatikan. Hal ini berhubungan dengan kemudahan wisatawan menuju lokasi, karena kegiatan wisatawan selam tidak hanya wisatawan yang menuju lokasi titik penyelaman namun ada perlengkapan selam yang sangat banyak dan berat untuk di bawa menuju ke bibir pantai. Akses jalan menuju lokasi titik penyelaman seharusnya akses jalan beraspal yang bisa dilewati oleh kendaraan roda 4 yang mengangkut peralatan selam. Kondisi

eksisting kawasan wisata selam di Tulamben sebagian besar menuju lokasi titik penyelaman sebagian besar masih belum di aspal meskipun bisa di lewati oleh kendaraan roda 4, namun ada beberapa titik menuju lokasi penelitian yang sudah dilakukan pengecoran. Dokumentasi akses jalan menuju lokasi titik penyelaman di Tulamben disajikan dalam Gambar 5.19.



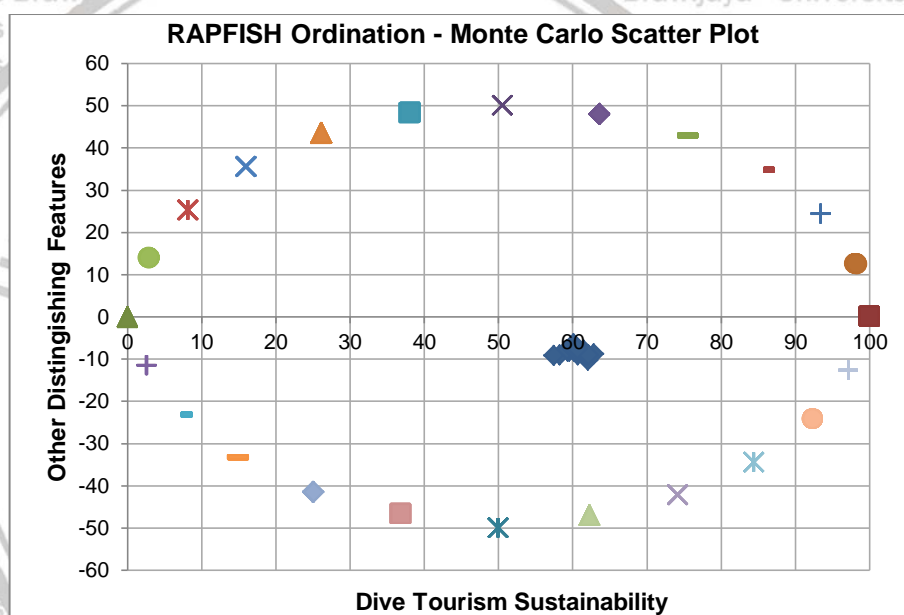
Gambar 5.19. Akses Jalan menuju lokasi titik penyelaman Singkil

5.7.6. Analisis Monte Carlo

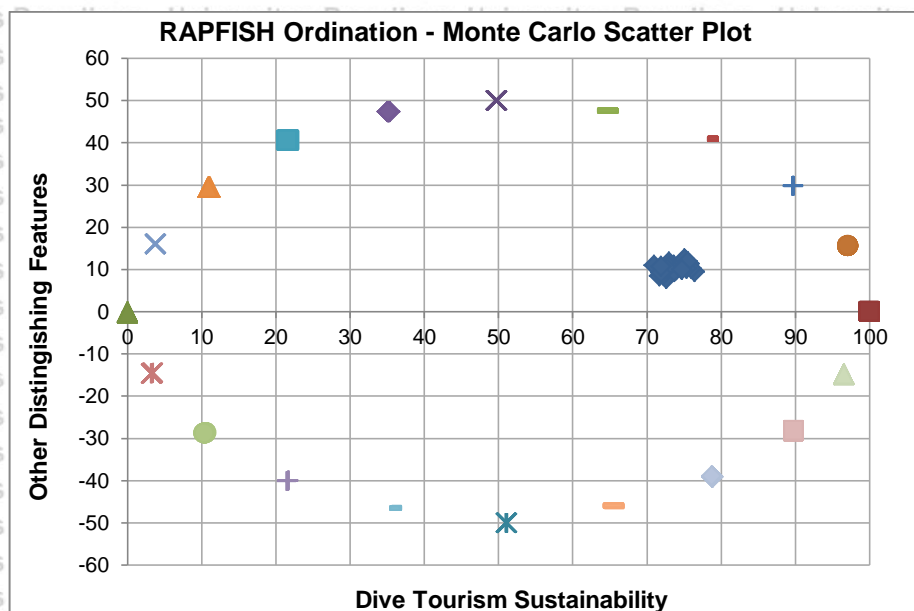
Proses penentuan ordinasi memungkinkan terjadi kesalahan acak yang disebabkan oleh beberapa faktor berikut ini: 1) kesalahan dalam skoring akibat minimnya informasi; 2) variasi dalam skoring akibat perbedaan penilaian; dan 3) kesalahan dalam memasukkan data. Oleh karena itu, hasil analisis ordinasi dilakukan uji menggunakan simulasi *Monte Carlo* untuk mengetahui dampak kesalahan acak (*random error*). Simulasi *Monte Carlo* dilakukan dengan metode “scatter plot”. Hasil simulasi *Monte Carlo* untuk masing-masing dimensi dilakukan sebanyak 25 kali pengulangan (karena dengan pengulangan 25 kali telah diperoleh penyimpangan kecil yang artinya semakin valid) dan dengan selang

kepercayaan 95% (artinya secara kaidah statistik terdapat pertimbangan plus/minus error yang kecil, yakni 5%). Karakteristik simulasi *Monte Carlo* ini hanya sebagai pembanding dan merupakan analisis terpisah namun dapat dijadikan sebagai uji validasi dan ketepatan (Mahida *et al.*, 2019).

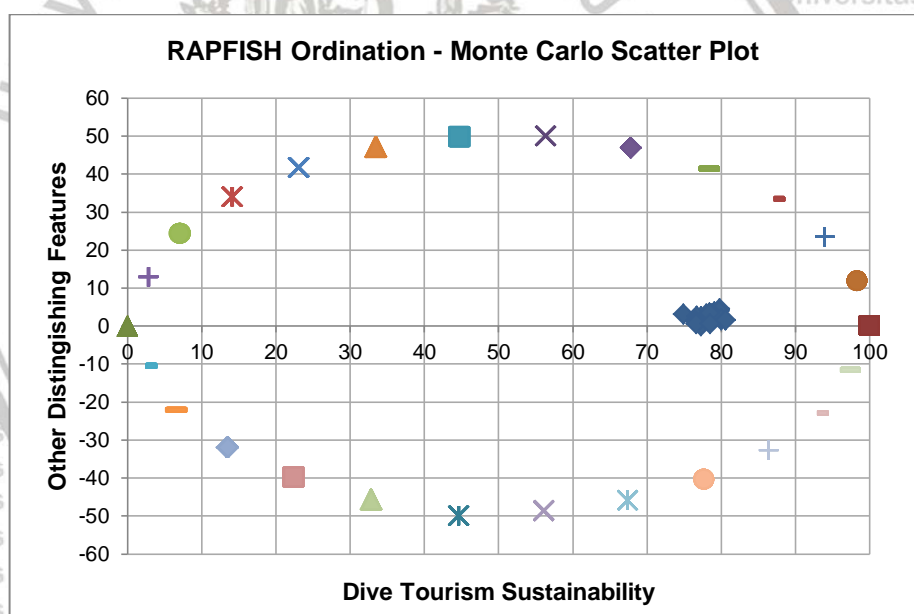
Hasil simulasi *Monte Carlo* pada pada lima dimensi menunjukkan tidak mengalami perbedaan yang signifikan. Perbedaan hasil analisis ordinasasi dengan simulasi *Monte Carlo* pada lima dimensi cukup kecil, hal ini menunjukkan bahwa penentuan ordinasasi telah dapat mengatasi kesalahan acak. Hasil analisis *Monte Carlo* disajikan pada Gambar 5.20, 5.21, 5.22, 5.23, 5.24.



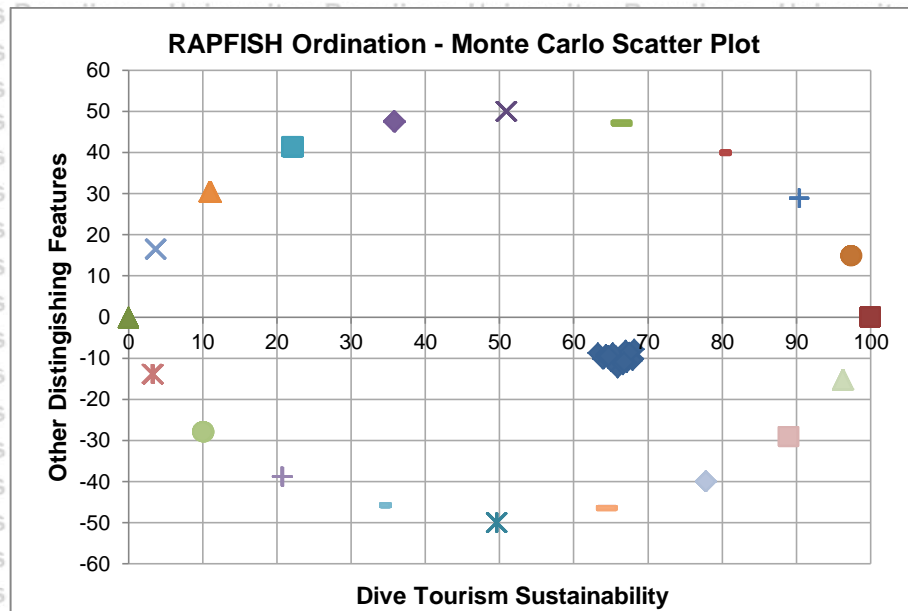
Gambar 5.20. Hasil simulasi analisis *monte carlo* dimensi ekologi yang menunjukkan posisi median dan selang inter-kuartil



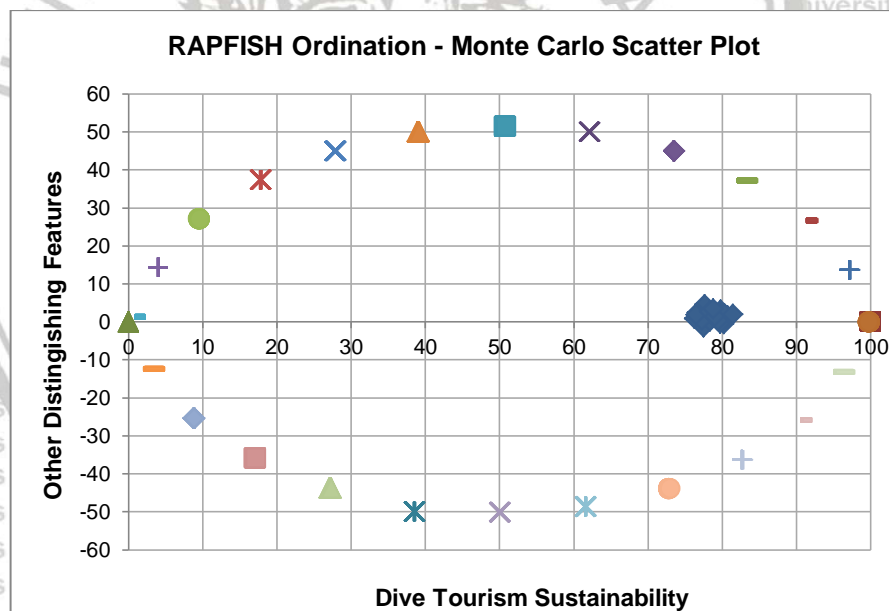
Gambar 5.21. Hasil simulasi analisis *monte carlo* dimensi ekonomi yang menunjukkan posisi median dan selang inter-kuartil



Gambar 5.22. Hasil simulasi analisis *monte carlo* dimensi sosial-budaya yang menunjukkan posisi median dan selang inter-kuartil



Gambar 5.23. Hasil simulasi analisis *monte carlo* dimensi hukum dan kelembagaan yang menunjukkan posisi median dan selang inter-kuartil



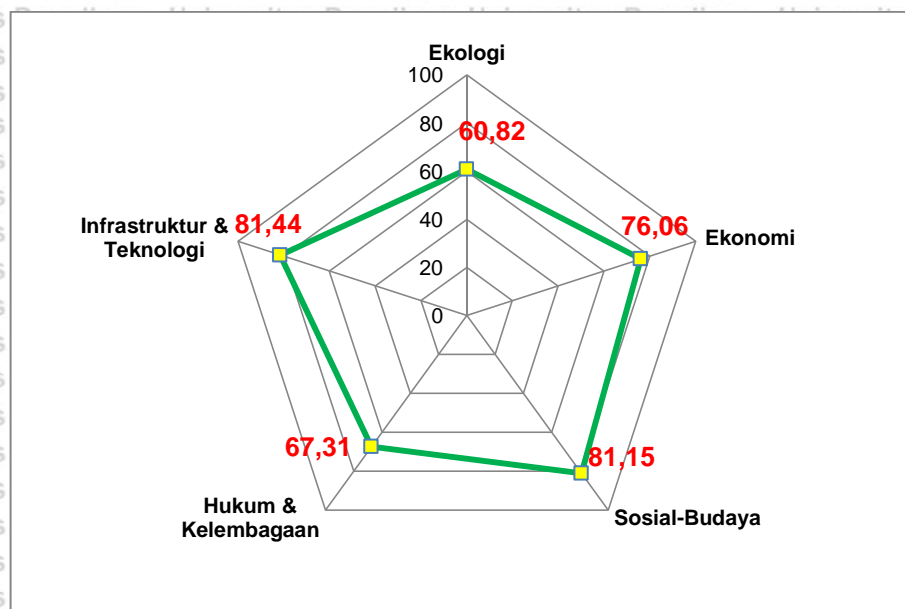
Gambar 5.24. Hasil simulasi analisis *monte carlo* dimensi infrastruktur dan teknologi yang menunjukkan posisi median dan selang inter-kuartil

5.7.7. Analisis Status Keberlanjutan Multidimensi

Indeks dan status pengelolaan wisata selam Tulamben menunjukkan seberapa besar persentase status keberlanjutan wisata selam Tulamben pada saat ini. Berdasarkan hasil analisis skor yang didapatkan pada setiap atribut dari masing-masing dimensi kemudian dilakukan analisis status keberlanjutan terhadap lima dimensi menggunakan metode *Rapfish*. Hasil analisis keberlanjutan dari keseluruhan dimensi disajikan dengan menggunakan diagram layang-layang pada Gambar 5.25. Pada setiap dimensi diperoleh nilai indeks dan status keberlanjutan untuk masing-masing dimensi, sebagai berikut:

- a) Dimensi ekologi sebesar 60,82 maka status keberlanjutan adalah cukup berkelanjutan.
- b) Dimensi ekonomi sebesar 76,06 maka status keberlanjutan adalah sangat berkelanjutan.
- c) Dimensi sosial-budaya sebesar 81,15 maka status keberlanjutan adalah sangat berkelanjutan.
- d) Dimensi infrastruktur dan teknologi sebesar 81,44 maka status keberlanjutan adalah sangat berkelanjutan.
- e) Dimensi hukum dan kelembagaan sebesar 67,31 maka status keberlanjutan adalah cukup berkelanjutan

Hasil analisis keberlanjutan secara keseluruhan menunjukkan bahwa secara parsial terdapat dua dimensi yang termasuk dalam kategori cukup berkelanjutan keberlanjutan (dimensi ekologi dan dimensi hukum dan kelembagaan) dan tiga dimensi dapat dikategorikan sebagai sangat berkelanjutan (dimensi ekonomi, sosial-budaya serta infrastruktur dan teknologi). Hasil analisis keberlanjutan wisata selam diperoleh dengan menggunakan kriteria sebagaimana pada Tabel 4.12.



Gambar 5.25. *Kite Diagram* layang-layang status keberlanjutan wisata selam

Masing-masing dimensi memiliki atribut sensitif yang sangat berpengaruh terhadap keberlanjutan wisata selam Tulamben. Atribut-atribut sensitif pada setiap dimensi perlu dilakukan perbaikan pada setiap atribut untuk meningkatkan status keberlanjutan pengelolaan wisata selam Tulamben. Berdasarkan hasil analisis dapat dijelaskan bahwa kerusakan terumbu karang merupakan kombinasi dari kerusakan lingkungan dan pengelolaan kawasan wisata yang kurang berjalan dengan baik. Hal ini terlihat dari terus bertambahnya jumlah penyelam yang tidak diimbangi dengan pengawasan. Selain itu, kerusakan terumbu karang akibat penyelam merupakan masalah penting yang harus segera diatasi. Oleh karena itu, untuk peningkatan status keberlanjutan pengelolaan wisata selam pada dimensi ekologi diperlukan strategi antara lain adalah perbaikan kualitas lingkungan terutama ekosistem terumbu karang yang diimbangi dengan kebijakan pembatasan penyelam. Bentuk kegiatan yang dapat dilaksanakan oleh pemerintah dan masyarakat lokal bekerjasama dengan lembaga penelitian dan pengembangan, LSM untuk melaksanakan kegiatan rehabilitasi (metode transplantasi, dan lainnya). Ekosistem terumbu karang

merupakan faktor kunci dalam pengelolaan kawasan wisata selam Tulamben.

Kerusakan ekosistem terumbu karang akan memberikan *multiplier effect*

terhadap setiap dimensi keberlanjutan. Kerusakan ekosistem terumbu karang

akan berpengaruh pada penurunan jumlah wisatawan yang datang ke Tulamben.

Dengan menurunnya jumlah wisatawan akan berdampak pada perekonomian

masyarakat dan Pendapatan Asli Daerah (PAD) Kabupaten Karangasem. Jika

PAD menurun maka akan berdampak pada anggaran untuk pemeliharaan

infrastruktur dan anggaran pengawasan di kawasan wisata Tulamben. Tabel

atribut sensitif pada masing-masing dimensi disajikan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8. Atribut sensitif keberlanjutan pengelolaan wisata selam

No	Dimensi	Atribut Sensitif
1	Ekologi	Persentase tutupan terumbu karang hidup Indeks keanekaragaman jenis ikan karang Status pencemaran
2	Ekonomi	Industri pariwisata Anggaran konservasi Pendapatan asli daerah
3	Sosial-Budaya	Daya tarik wisata Jumlah penyelam (wisatawan) Populasi penduduk
4	Hukum dan Kelembagaan	Kelompok pemandu wisata selam lokal Jumlah tenaga keamanan lokal (pecalang) Pertumbuhan lembaga/kelompok masyarakat
5	Infrastruktur dan Teknologi	Ketersediaan fasilitas kesehatan Ketersediaan tempat ibadah Akses jalan menuju lokasi penyelaman

5.7.8. Uji Validasi MDS Pengelolaan Wisata Selam Tulamben

Uji validasi analisis MDS berdasarkan hasil analisis *Rapfish* pengelolaan

wisata selam Tulamben diperoleh hasil analisis *Montecarlo* yang dapat

ditampilkan dalam bentuk nilai *Stress* (S). Hasil analisis *Rapfish* dan analisis

Montecarlo menghasilkan perbedaan sangat kecil, yaitu tidak lebih dari 5%. Hasil tersebut juga didukung oleh nilai koefisien determinasi (R^2) untuk tiap dimensi yaitu 95 %. Hal ini menunjukkan tingkat kepercayaan terhadap nilai indeks setiap dimensi dan pengaruh kesalahan yang dapat mempengaruhi proses analisis. Kestabilan skor keberlanjutan dilambangkan dengan nilai *goodness of fit* atau $Stress < 0,25$ (Fitrianti *et al.*, 2014). Hasil uji validasi analisis MDS wisata selam Tulamben disajikan dalam Tabel 5.9.

Table 5.9. Hasil uji validasi analisis MDS wisata selam Tulamben

Dimensi Keberlanjutan	Indeks Keberlanjutan		Status	Parameter	
	Score <i>Rapfish</i>	Monter Carlo		R^2 (%)	Stress (%)
Ekologi	60,82	60,49	cukup berkelanjutan	95,34	0,54
Ekonomi	76,06	73,68	sangat berkelanjutan	95,42	3,12
Sosial-Budaya	81,15	78,30	sangat berkelanjutan	95,57	2,84
Hukum dan Kelembagaan	67,31	65,93	cukup berkelanjutan	95,29	2,03
Infrastruktur dan Teknologi	81,44	78,76	Sangat berkelanjutan	95,54	3,28

5.8. Pemodelan Dinamika Sistem Wisata Tulamben

Hasil keberlanjutan wisata selam dengan metode *Rapfish* menunjukkan hasil sangat berkelanjutan dan cukup berkelanjutan. Namun berdasarkan trend data kondisi terumbu karang selama 3 tahun terakhir mengalami penurunan persentase tutupan, sedangkan terumbu karang menjadi objek utama daya tarik dalam kegiatan wisata selam. Maka perlu dilakukan simulasi dengan model dinamika sistem apakah dalam 30 tahun kedepan nilai keberlanjutannya masih sama seperti kondisi saat ini.

Keberlanjutan pengelolaan wisata selam Tulamben dikaji melalui dinamika sistem yang saling berinteraksi menurut perubahan waktu. Keberlanjutan pengelolaan wisata selam dengan menggunakan dinamika sistem bertujuan

untuk mengetahui keberlanjutan pengelolaan wisata selama selama selama tiga puluh tahun kedepan dengan metode simulasi dinamika sistem. Keberlanjutan pengelolaan wisata selama dengan metode simulasi dinamika sistem dengan konsep untuk mengetahui apakah atribut hasil analisis *leverage* yang digunakan dalam submodel dinamika sistem dapat dipertahankan selama tiga puluh tahun kedepan.

Pemahaman terhadap sistem yang terkait didalam pengelolaan kawasan wisata selama Tulamben sangat diperlukan untuk mendapatkan suatu konsep atau model pengelolaan yang tepat. Model dibangun berdasarkan atribut hasil analisis *leverage* pada keberlanjutan wisata selama Tulamben dan disusun berdasarkan interaksi antar submodel ekologi, ekonomi, sosial, kelembagaan dan infrastruktur yang dirumuskan melalui model matematika sederhana dengan menggunakan persamaan matematika. Dinamika keterlibatan antar faktor didalamnya menimbulkan pengaruh yang saling menguatkan ataupun sebaliknya. Pemodelan sistem terbangun atas sub-sub sistem, dimana terdapat saling keterkaitan dan interdependensi yang kuat (Mudiastuti et al., 2014). Atribut hasil analisis *leverage* yang digunakan dalam masing-masing submodel pada dinamika sistem pengelolaan wisata selama Tulamben disajikan dalam Tabel 5.10.

Tabel 5.10. Atribut hasil analisis *leverage* yang digunakan dalam submodel dinamika sistem

Hasil analisis <i>leverage</i> pada setiap Dimensi	Submodel Dinamika sistem
Dimensi Ekologi	Submodel Ekologi
1. Persentase tutupan terumbu karang	1. Persentase tutupan terumbu karang
2. Indeks keanekaragaman ikan karang	2. Ikan karang
3. Status pencemaran	3. Pencemaran perairan
Dimensi Ekonomi	Submodel Ekonomi
1. Industri pariwisata	1. Industri pariwisata
2. Anggaran konservasi	2. Anggaran konservasi
3. Pendapatan asli daerah	3. Pendapatan asli daerah
Dimensi Sosial Budaya	Submodel Sosial

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. Daya tarik wisata | 1. Daya tarik wisata |
| 2. Jumlah penyelam (wisatawan) | 2. Jumlah penyelam (wisatawan) |
| 3. Populasi penduduk | 3. Populasi penduduk |

Dimensi Hukum dan Kelembagaan**Submodel Kelembagaan**

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. Kelompok pemandu wisata selam lokal | 1. Pemandu wisata selam lokal |
| 2. Tenaga keamanan lokal (pecalang) | 2. Tenaga keamanan lokal (pecalang) |
| 3. Lembaga/kelompok masyarakat | 3. Lembaga masyarakat |

Dimensi Infrastruktur dan Teknologi**Submodel Infrastruktur**

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1. Ketersediaan fasilitas kesehatan | 1. Infrastruktur pendukung wisata selam |
| 2. Ketersediaan tempat ibadah | |
| 3. Akses jalan menuju lokasi wisata | |

Model dinamika sistem pengelolaan wisata selam berkelanjutan wisata selam Tulamben dibangun untuk menggambarkan interaksi antar submodel sekaligus memprediksi kondisi pengelolaan pada masa yang akan. Tujuan dari model dinamika sistem ini adalah untuk merumuskan strategi atau skenario pengelolaan untuk menjaga keberlanjutan wisata selam Tulamben yang selaras dengan pertumbuhan ekonomi, artinya pertumbuhan ekonomi di kawasan wisata selam Tulamben dijaga pada level tertentu dengan memperhatikan lingkungan agar tidak mengalami degradasi.

Pengelolaan kawasan wisata selam Tulamben dipengaruhi oleh faktor ekosistem terumbu karang, jumlah pengunjung dan kesejahteraan masyarakat Desa Tulamben. Dinamika keterlibatan antar faktor didalamnya menimbulkan pengaruh yang saling menguatkan ataupun sebaliknya. Ekosistem terumbu karang dan keberadaan *Shipwreck USAT Liberty* menjadi daya tarik sebagai atraksi wisata yang menjadi ikon wisata selam Tulamben mampu menarik wisatawan untuk berkunjung. Namun ekosistem terumbu karang merupakan potensi sumberdaya laut yang rentang terhadap kerusakan akibat tekanan antropogenik sehingga perlu dijaga kelestarian, disisi lain ekosistem terumbu karang dan keberadaan *Shipwreck USAT Liberty* dapat mendatangkan wisatawan yang berpengaruh terhadap pendapatan daerah sehingga mampu meningkatkan perekonomian. Kegiatan pemanfaatan Perairan Tulamben

khususnya sebagai kegiatan wisata selam ditujukan untuk memperoleh manfaat dari sisi ekonomi.

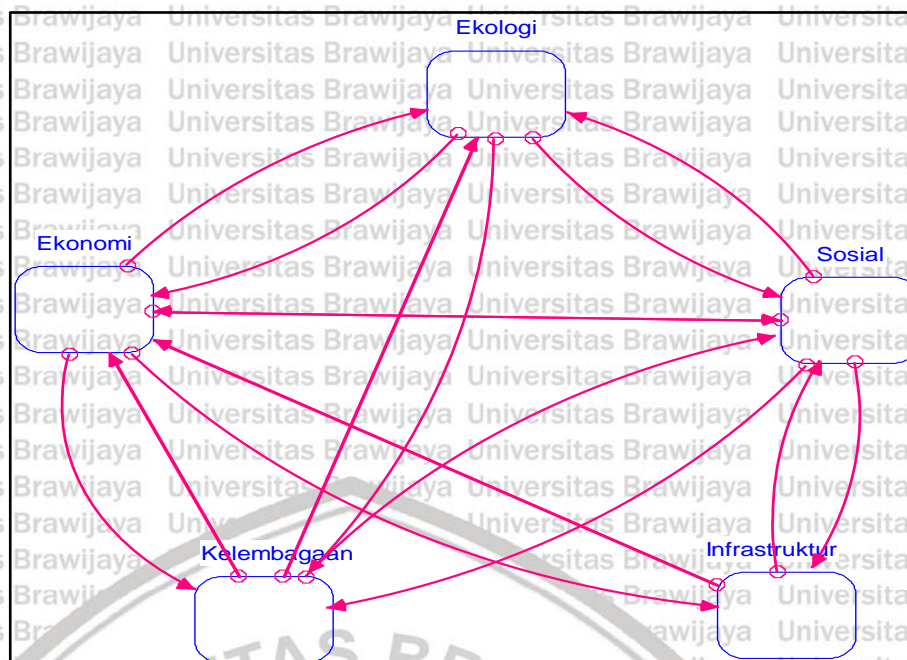
Pertumbuhan ekonomi melalui kegiatan wisata Selam Desa Tulamben menjadi pendorong kegiatan lain terutama industri pendukung wisata selam seperti *dive operator*, hotel dan restoran serta usaha penyedia jasa wisata yang diharapkan dapat meningkatkan pendapatan masyarakat Desa Tulamben.

Jumlah pengunjung yang semakin meningkat akan berpengaruh terhadap peningkatan aktifitas wisata selam Tulamben sehingga berdampak pada peningkatan populasi sebagai konsekuensi peningkatan kebutuhan tenaga kerja.

Peningkatan populasi apabila tidak dikendalikan pada jangka panjang akan membawa pengaruh negatif bagi kualitas lingkungan di kawasan wisata selam Tulamben. Konsekuensi lain dari perkembangan aktivitas wisata selam Tulamben dan pertumbuhan populasi adalah ancaman penurunan kualitas lingkungan khususnya ekosistem terumbu karang. Berdasarkan pada deskripsi diatas maka dapat dinyatakan bahwa kondisi ekosistem terumbu karang, jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat menjadi faktor pemicu bagi pertumbuhan perekonomian di kawasan wisata selam Tulamben.

5.8.1. Model Utama Sistem

Model utama sistem pengelolaan wisata selam berkelanjutan di kawasan Tulamben terdiri dari beberapa submodel yaitu submodel ekologi, submodel ekonomi, submodel sosial, submodel kelembagaan dan submodel infrastruktur. Setiap submodel memiliki interaksi dan pengaruh terhadap submodel yang lain yang digambarkan dengan panah antar submodel. Model utama pengelolaan wisata selam berkelanjutan di kawasan Tulamben yang saling berkaitan antar submodel disajikan dalam Gambar 5.26.



Gambar 5.26. Model utama pengelolaan wisata selam Tulamben

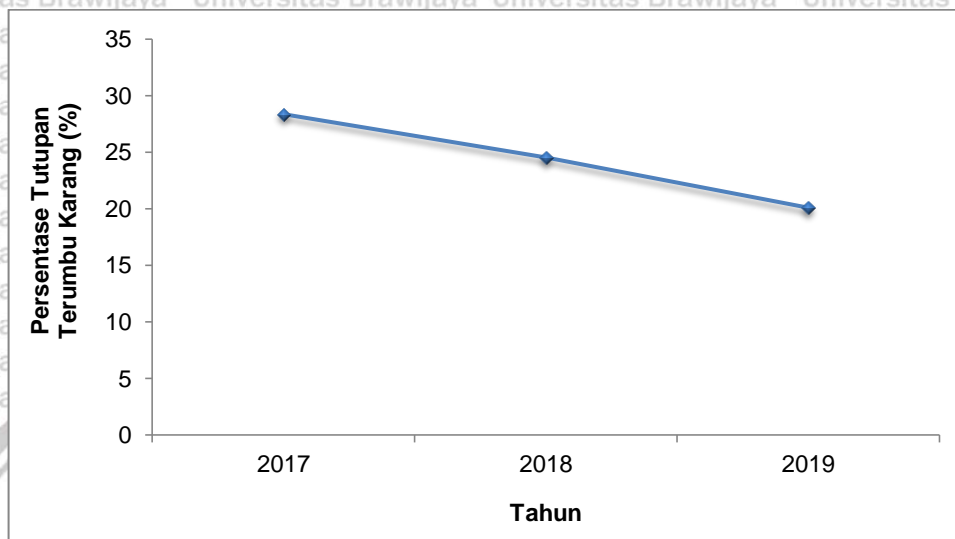
5.8.2. Submodel Ekologi

Fungsi lingkungan alamiah diberikan dalam bentuk fungsi logistik dimana variabel daya dukung adalah kondisi lingkungan pada saat keseimbangan, artinya sudah ada interaksi antara lingkungan dengan kegiatan manusia. Apabila kegiatan wisata dan aktivitas pendukungnya (pembangunan infrastruktur) ikut memanfaatkan sumber daya alam (lingkungan), maka berimplikasi negatif pada dinamika kualitas sumber daya alam dan lingkungan.

Submodel ekologi dalam pengelolaan wisata selam merupakan submodel paling berperan terhadap ekosistem terumbu karang. Kondisi ekosistem terumbu karang menjadi faktor penting terhadap keberlanjutan aktivitas wisata selam.

Data pertambahan dan pengurangan terumbu karang diperoleh dari laporan monitoring terumbu karang *Reefcheck* sejak tahun 2017-2018 serta data hasil penelitian ini pada tahun 2019. Berdasarkan data persentase tutupan terumbu karang terjadi penurunan persentase tutupan terumbu karang dari tahun 2017-2019, yaitu pada tahun 2017 kondisi rata-rata persentase tutupan terumbu

karang sebesar 28,34 % turun menjadi 20,16 % pada tahun 2019. Sejak tahun 2017 sampai dengan tahun 2019 telah terjadi penurunan persentase tutupan terumbu karang sebesar 8,24 %. Kondisi tutupan terumbu karang di kawasan wisata selam Tulamben disajikan dalam Gambar 5.27 di bawah ini.



Gambar 5.27. Grafik penurunan persentase tutupan terumbu karang Perairan Tulamben tahun pada 2017-2019.

Pemilihan variabel dalam submodel ekologi dilakukan berdasarkan kombinasi antara Luasan terumbu karang dipengaruhi penambahan tutupan dan kerusakan tutupan terumbu. Penambahan luasan terumbu karang dipengaruhi oleh pertumbuhan alami (lambat) dan konservasi yang dilakukan setiap tahunnya. Pada tahun 2019 Pemerintah Daerah Kabupaten Karangasem melalui dana desa mengalokasikan dana sebesar Rp. 42.306.512,00 untuk anggaran konservasi terumbu karang. Konservasi terumbu karang di Perairan Tulamben berupa kegiatan rehabilitasi terumbu karang buatan berbentuk *hexadom* dan transplantasi terumbu karang yang bertujuan untuk memicu pertumbuhan alami terumbu karang. Pemerintah Provinsi Jawa Timur mengalokasikan anggaran konservasi sebesar kurang lebih Rp. 200.000.000/Ha. Anggaran konservasi

tersebut digunakan untuk penenggelman Terumbu Karang Buatan (Hidayah, 2017).

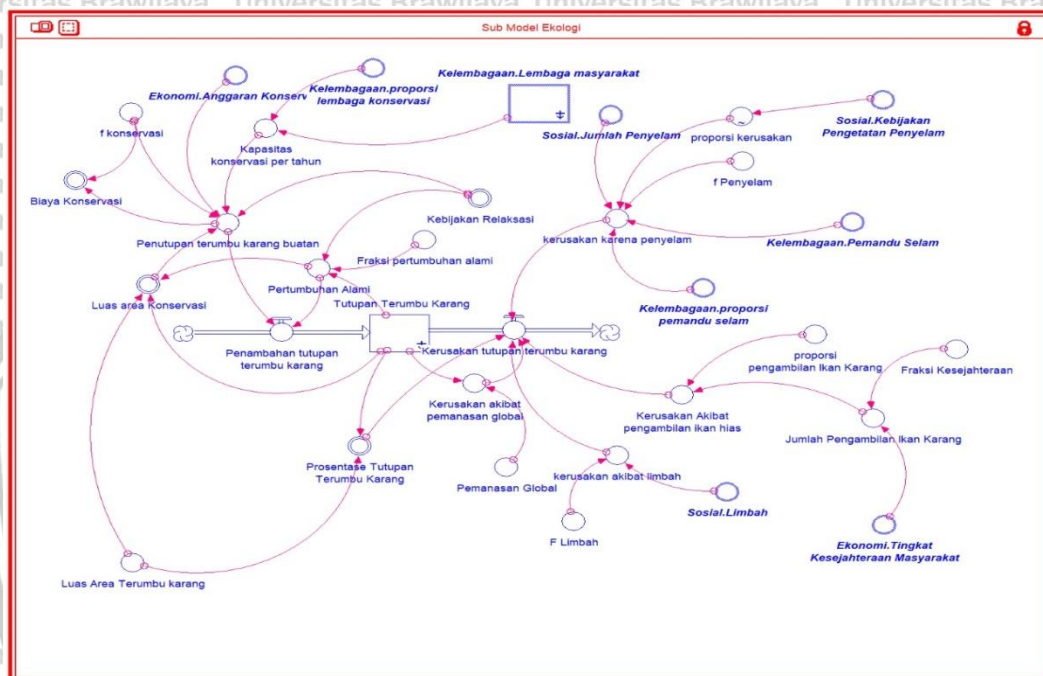
Faktor yang mempengaruhi variabel konservasi terdiri dari empat faktor yaitu (1) luas area konservasi (area yang tidak tertutup terumbu karang); (2) rencana anggaran pemerintah; (3) ketersediaan kas daerah; (4) kapasitas kelompok masyarakat /LSM yang akan melakukan konservasi.

Data dengan nilai terkecil pada submodel ekologi yaitu kerusakan terumbu karang dipengaruhi oleh empat faktor yaitu :

- 1) Jumlah penyelam, kerusakan terumbu karang akibat penyelam tergantung pada *skill* penyelam yang bersertifikat dan ketersediaan pemandu selam.
- 2) Limbah masyarakat, limbah masyarakat dipengaruhi populasi penduduk daerah wisata Tulamben yang limbah rumah tangganya masuk ke laut.
- 3) Penangkapan ikan hias, penangkapan ikan hias tergantung pada tingkat kesejahteraan masyarakat sekitar kawasan wisata Tulamben, semakin sejahtera masyarakat tingkat pengambilan ikan hias makin kecil sehingga dampak kerusakannya walaupun jumlah penduduk meningkat tidak akan signifikan jika kesejahteraan minimalnya terpenuhi.
- 4) Pemanasan global, penyebab pemanasan global relatif kecil terhadap kerusakan terumbu karang, hal ini karena tidak setiap tahun terjadi pemanasan global dan biasanya terjadi di musim kemarau.

Penyebab kerusakan terumbu karang disebabkan oleh faktor *antropogenik* (kegiatan manusia dan *non-antropogenik* (perubahan ekologis, faktor alam) (Kusumastuti, 2004). Tingginya aktivitas pariwisata disekitar wilayah terumbu karang mengakibatkan tingginya tingkat keterpaparan ekosistem terumbu karang. Aktivitas *antropogenik* salah satunya adalah pariwisata telah mengancam hampir 95% ekosistem terumbu karang di Indonesia dan lebih dari

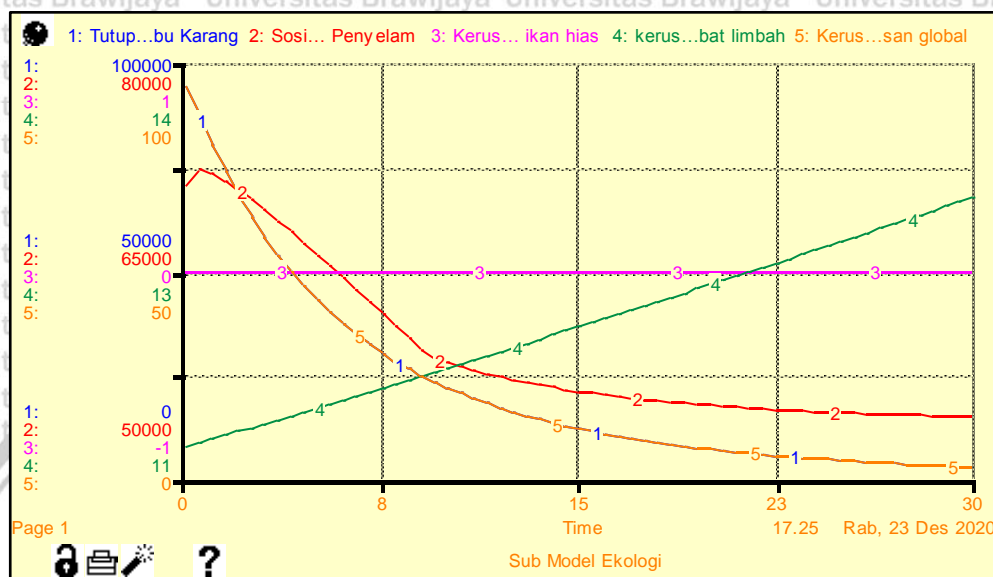
Salah satu yang mendorong kerusakan terumbu karang adalah perkembangan dari sektor pariwisata. Pariwisata merupakan aktivitas *antropogenik* yang dilakukan di Perairan Tulamben. *Stock and flow diagram* pengelolaan wisata selam Perairan Tulamben berdasarkan submodel ekologi disajikan dalam Gambar 5.28.



Gambar 5.28. *Stock and flow diagram* pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel ekologi.
(kondisi ekosistem terumbu karang merupakan variabel tujuan dalam pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel ekologi)

Berdasarkan Gambar 5.29, grafik menunjukkan pengaruh terbesar kerusakan terumbu karang adalah jumlah penyelam, dimana pada submodel ekologi ini saling melemahkan antara persentase tutupan terumbu karang dengan jumlah wisatawan penyelam. Pada saat kondisi awal jumlah wisatawan selam naik namun karena jumlah terumbu karang menurun maka, daya tarik wisata menurun sehingga jumlah wisatawan selam juga menurun. Kerusakan

karena limbah mengikuti jumlah penduduk namun pada grafik ini tidak signifikan terhadap perubahan pola kerusakan terumbu karang. Penangkapan ikan hias pada grafik ini nol karena pendapatan masyarakat masih sedikit diatas batas minimal kesejahteraan.



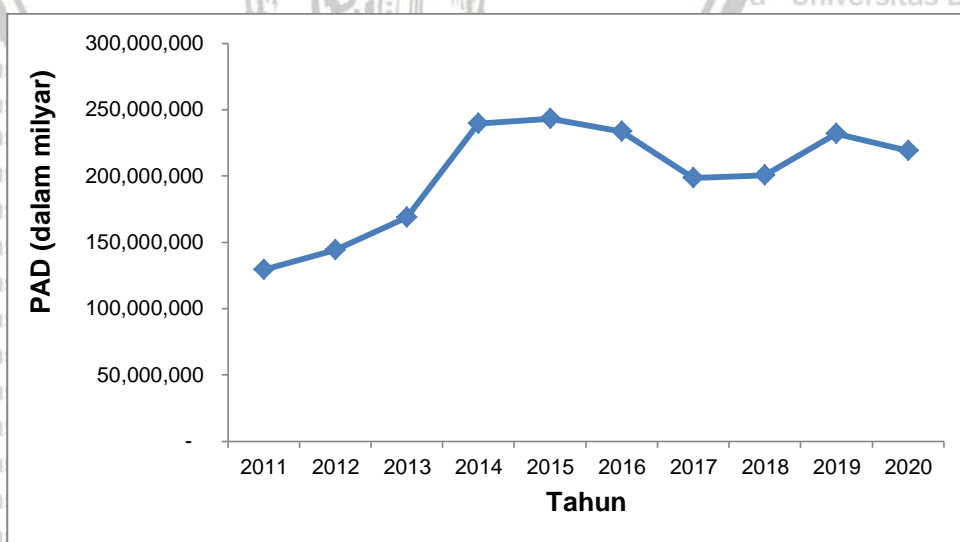
Gambar 5.29. Grafik simulasi kondisi *eksisting* pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel ekologi

5.8.3. Submodel Ekonomi

Nilai ekonomi merupakan nilai riil pemanfaatan wisata selam Tulamben. Nilai tersebut akan meningkat apabila jumlah wisatawan yang berkunjung ke kawasan wisata selam Tulamben bertambah banyak. Hal ini dapat terjadi apabila potensi dan kondisi daya tarik wisata yang ada di kawasan ini dapat dipertahankan, disertai dengan peningkatan sarana prasarana pendukung wisata dan kualitas manajemennya. Pendekatan yang digunakan dalam submodel ekonomi yaitu simulasi pada arus kas pendapatan asli daerah yang berasal dari industri pariwisata dan arus keuangan masyarakat yang berasal dari industri pariwisata. Kegiatan wisata selam menekankan pada peningkatan ekonomi masyarakat lokal dan daerah, maka pada penelitian ini memfokuskan kajian ekonomi masyarakat

lokal (upah dan penerimaan dari usaha turunan wisata selam) dan pajak daerah (pajak usaha) melalui penerimaan yang diperoleh dari usaha wisata per kunjungan wisatawan. Faktor penting keterlibatan masyarakat, pemerintah dan perangkat kebijakannya serta Industri pariwisata (Biro Perjalanan wisata dan industri jasa *dive operator* lainnya) sehingga pengelolaan wisata bahari berkembang lebih terarah dan memberikan nilai manfaat untuk meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat dan menjaga kelestarian lingkungan wisata bahari agar tetap berkelanjutan (Darsana *et al.*, 2017)

Pendapatan Asli Daerah (PAD) memiliki peran penting dalam rangka pembiayaan pembangunan di daerah. Pemerintah daerah diharapkan mampu mengurangi ketergantungan terhadap pemerintah pusat terkait masalah pembiayaan dan pengelolaan penerimaan. PAD yang komponennya terdiri atas penerimaan yang berasal dari pajak daerah, retribusi daerah, hasil pengelolaan kekayaan daerah yang dipisahkan dan lain-lain PAD yang sah (Aneldus and Dewi 2020). Secara umum PAD Kabupaten Karangasem mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun. PAD Kabupaten Karangasem Bali disajikan dalam Gambar 5.30.



Gambar 5.30. Pendapapatan asli daerah Kabupaten Karangasem
Sumber : (BPS Kabupaten Karangasem 2020)

Pemerintah daerah Kabupaten Karangasem mengalokasikan anggaran yang berasal dari PAD untuk menunjang pelestarian dan perlindungan kawasan wisata selam Tulamben. Menurut Suastika dan Yasa (2017), Sektor pariwisata merupakan sektor yang potensial untuk dikembangkan sebagai salah satu sumber PAD. Guna meningkatkan PAD, maka pemerintah perlu mengembangkan dan memfasilitasi tempat pariwisata agar sektor pariwisata dapat memberikan kontribusi bagi pembangunan ekonomi. Perkembangan pariwisata berdampak terhadap kondisi sosial ekonomi masyarakat, salah satu diantaranya adalah dampak pariwisata terhadap pendapatan pemerintah. Arus kas PAD Kabupaten Karangasem disimulasikan untuk mengetahui aliran pendapatan dan pengeluaran pengelolaan wisata selam Tulamben. Stok PAD berasal dari retribusi pariwisata dan pajak pertambahan nilai yang didapat dari industri pariwisata kawasan wisata selam Tulamben. Pengeluaran dari PAD dalam bentuk alokasi anggaran adalah sebagai berikut :

1. Anggaran konservasi merupakan biaya yang dialokasikan untuk menambah luasan terumbu karang. Konservasi terumbu karang di kawasan wisata selam Tulamben dilakukan dengan pembuatan terumbu karang buatan berupa hexado dan transplantasi terumbu karang.
2. Anggaran promosi wisata selam Tulamben di dilaksanakan dalam bentuk *event-event* yang digunakan untuk mengenalkan wisata selam Tulamben serta meningkatkan kepedulian masyarakat terhadap lingkungan di kawasan wisata selam Tulamben. *Event* tersebut berupa kegiatan tahunan yaitu kegiatan Festival Tulamben serta kegiatan aksi bersih pantai yang dilakukan masyarakat sekitar.
3. Anggaran training Pemandu selam (*dive guide*) merupakan anggaran untuk biaya training masyarakat lokal dalam rangka memenuhi kebutuhan tenaga pemandu selam agar rasio pemandu selam dengan wisatawan mencapai

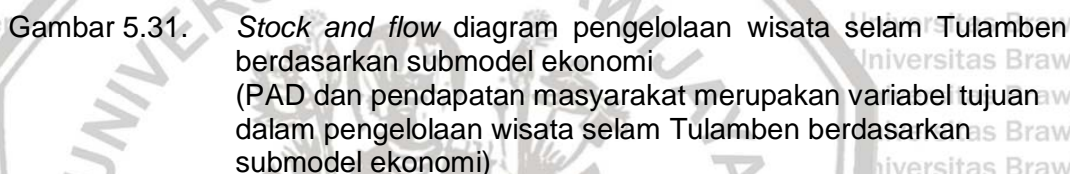
proporsi yang ideal yaitu dua wisatawan dipandu oleh 1 orang pemandu selam. Jumlah pemandu selam lokal sebagai penyedia jasa kawasan wisata Tulamben saat ini tersedia sebanyak 35 orang. Namun jumlah pemandu selam yang berasal dari luar masyarakat lokal sangat banyak. Sampai saat ini pihak pengelola kawasan wisata selam Tulamben tidak pernah mendata jumlah pemandu selam yang berasal dari luar masyarakat lokal Desa Tulamben.

4. Anggaran kelembagaan bertujuan untuk membiayai lembaga-lembaga yang terlibat dalam pengelolaan wisata selam Tulamben baik swadaya masyarakat maupun intitusi negara dalam rangka menjaga lingkungan dan keamanan lokasi wisata. Kawasan wisata selam Tulamben memiliki kelompok masyarakat yang memiliki peranan penting sebagai pengelola kawasan wisata. Selain sebagai penjaga lingkungan dan keamanan kawasan wisata, kelompok masyarakat juga berfungsi sebagai penyedia jasa wisata. Kelompok masyarakat yang ada di kawasan wisata Tulamben saat ini yaitu Organisasi Pemandu Selam Tulamben (OPST) dan kelompok masyarakat Sekar Baruna (organisasi tenaga porter Tulamben).

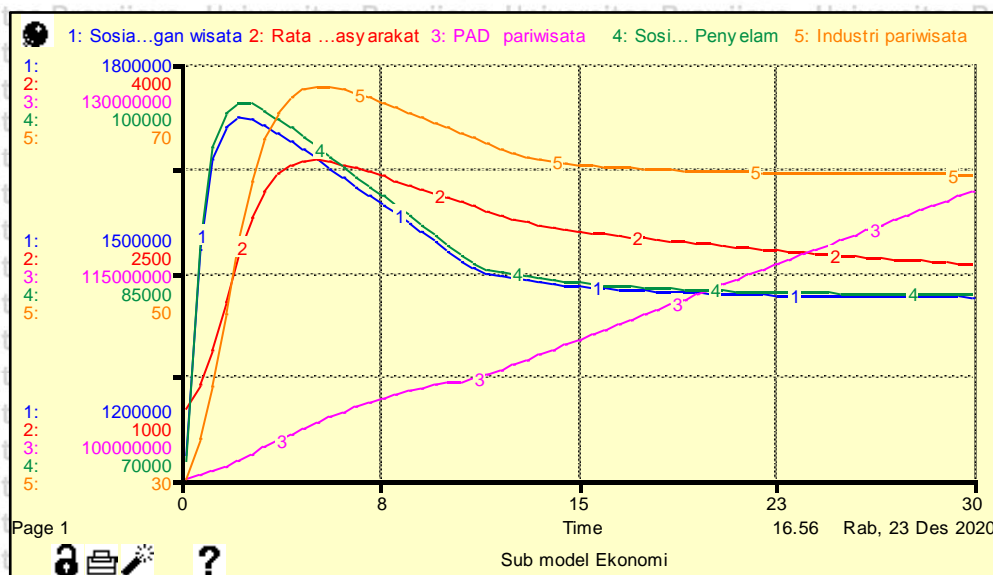
Penetapan anggaran untuk pengelolaan kawasan wisata selam Tulamben tidak menjadi nilai yang harus dikeluarkan setiap tahun sebagai nilai pembiayaan, namun nilai anggaran bergantung pada rasio masing masing anggaran, ketersediaan anggaran dan kebutuhan anggaran dilapangan. Misal dalam anggaran keamanan ditetapkan anggaran 10 juta perbulan sedangkan rasio anggaran kemananan 5% dan kas PAD adalah 100 juta, maka nilai maksimal yang tersedia adalah 5 juta, ketika dilapangan hanya terpakai membayar tenaga keamanan (pecalang) 2 orang masing-masing sebesar 1,5 juta maka dana yang terpakai adalah 3 juta.

Industri pariwisata berperan penting dalam peningkatan ekonomi khususnya dalam mengurangi pengangguran dan meningkatkan produktivitas suatu negara (Jaffe dan Pasternak 2004). Industri pariwisata dalam submodel ekonomi adalah segala bentuk kegiatan ekonomi yang terkait dengan wisata selam Tulamben, mulai dari Hotel, restoran, *dive operator*, penyedia jasa pemandu selam (*guide*), jasa angkat barang (*porter*), penjual makanan dan minuman dan lain lain. Pada simulasi ini disesuaikan dengan kebutuhan ketersediaan industri berdasarkan rasio jumlah wisatawan penyelam yang datang dan di simulasikan sebagai aliran pendapatan dari setiap wisatawan penyelam yang datang. Aliran pendapatan industri pariwisata ini yang menjadi indikator kesejahteraan masyarakat, karena rata-rata pendapatan masyarakat sekitar Tulamben bergantung pada wisata selam Tulamben. Indikator kesejahteraan masyarakat salah satunya menjadi dasar apakah masyarakat akan melakukan pengambilan terumbu karang / ikan karang di Perairan Tulamben yang dapat merusak ekosistem terumbu karang. Nilai kesejahteraan dibawah batas kesejahteraan akan memicu masyarakat melakukan kerusakan ekosistem terumbu karang dengan nilai kerusakan disesuaikan dengan gap kesejahteraan dan batas kesejahteraan. Pertumbuhan pariwisata selain dipengaruhi oleh jumlah wisatawan juga dipengaruhi oleh ketersediaan tenaga kerja masyarakat lokal Tulamben. Penghitungan jumlah wisatawan yang mempengaruhi jumlah industri pariwisata adalah jumlah wisatawan pada *peak season*. *Stock and flow diagram* pengelolaan wisata selam Perairan Tulamben berdasarkan submodel ekonomi disajikan dalam Gambar

5.31.



Berdasarkan Gambar 5.32, grafik menunjukkan pendapatan rata-rata masyarakat mengikuti pola jumlah wisatawan walaupun ada pergeseran waktu, hal ini karena respon dari masyarakat terkait kedatangan wisatawan memerlukan waktu. Pertumbuhan industri wisata dimasyarakat, sedikit terlambat dari jumlah kedatangan wisatawan, rata-rata pendapatan masyarakat berbanding lurus dengan pertumbuhan industri pariwisata. Pendapatan pemerintah dari sektor wisata memiliki pola yang sama dengan jumlah wisatawan.



Gambar 5.32. Grafik simulasi kondisi *eksisting* pengelolaan wisata selama Tulamben berdasarkan submodel ekonomi

5.8.4. Submodel Sosial

Aspek sosial memiliki peranan penting dalam menentukan keberlanjutan dan keberhasilan pengelolaan kawasan wisata selama Tulamben. Submodel sosial terdiri dari dua variabel utama yaitu jumlah kunjungan wisatawan dan populasi penduduk. Jumlah kunjungan wisatawan dipengaruhi oleh daya tarik wisata. Daya tarik wisata selama memiliki peranan penting dalam pengelolaan wisata selama. Daya tarik wisata adalah sesuatu bentukan dan/atau aktivitas dan fasilitas yang berhubungan, yang dapat menarik minat wisatawan atau pengunjung untuk datang ke suatu tempat/daerah tertentu (Djou, 2013). Setiap wisatawan yang datang ke suatu lokasi karena ada faktor daya tarik. Faktor ini kemudian menjadi salah satu variabel yang mempengaruhi peningkatan jumlah kunjungan wisatawan selama. Daya tarik wisata sendiri dipengaruhi oleh faktor utama yaitu indeks kesesuaian wisata selama. Pada indeks kesesuaian wisata selama, daya tarik dipengaruhi oleh luas tutupan terumbu karang, bangkai kapal, kedalaman karang, kecepatan arus, jumlah *life form*, jumlah jenis ikan karang dan kecerahan

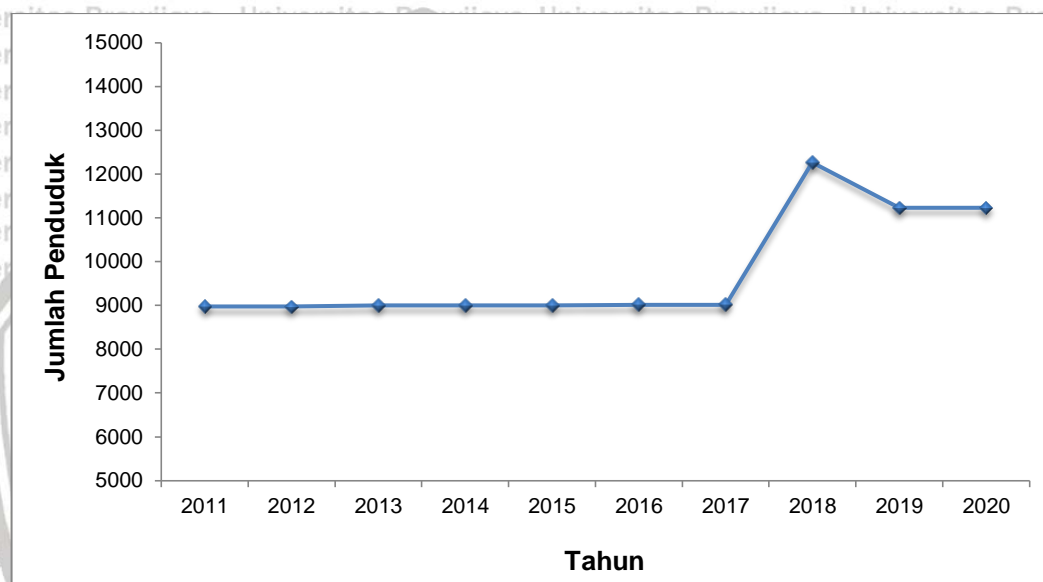
perairan. Pada model ini dinamika terjadi pada luas terumbu karang sedangkan nilai daya dukung lainnya dianggap tetap. Selain indeks kesesuaian wisata selama yang berupa faktor alam, daya tarik wisata juga dipengaruhi faktor pendukung lain seperti Indeks industri wisata, Indeks promosi, Indeks Keamanan dan Indeks infrastruktur. Indeks-indeks yang berpengaruh pada daya tarik wisata diambil dari submodel lain yaitu submodel ekonomi, submodel ekologi, submodel kelembagaan dan submodel infrastruktur. Indeks yang berpengaruh besar terhadap submodel sosial ini adalah bangkai kapal dan tutupan terumbu karang.

Hal ini dikarenakan bangkai kapal selama tiga puluh kedepan masih dianggap statis (tidak mengalami peluruhan yang berarti), maka dinamika terbesar dipengaruhi oleh luas tutupan terumbu karang. Dari daya tarik wisata selama kemudian dikonversi menjadi jumlah wisatawan yang datang ke kawasan wisata selama Tulamben dengan pembatasan berupa pembatasan sesuai daya dukung, dan pembatasan berdasarkan skill penyelam. Pembatasan ini pada kondisi *eksisting* ditiadakan atau dianggap tidak ada pembatasan.

Keuntungan usaha wisata selama dapat hitung dari jumlah wisatawan selama kemudian dikalikan dengan retribusi yang masuk dikurangi biaya operasional dan tenaga kerja. Hasil keuntungan ini kemudian menjadi informasi untuk submodel ekonomi sebagai masukan PAD dari retribusi wisata. Jumlah wisatawan selama ini kemudian diformulasikan untuk mengetahui jumlah wisatawan selama *peak season* sesuai data rata-rata wisatawan selama *peak season* dari data awal (187 orang per hari). Data penyelam *peak season* ini yang akan menjadi dasar penghitungan kebutuhan industri pariwisata (submodel ekonomi), kebutuhan infrastruktur (submodel infrastruktur) serta kebutuhan tenaga pemandu dan tenaga keamanan (submodel kelembagaan).

Jumlah populasi penduduk di suatu wilayah dipengaruhi perubahan populasi baik yang terjadi secara alami atau karena adanya perpindahan penduduk

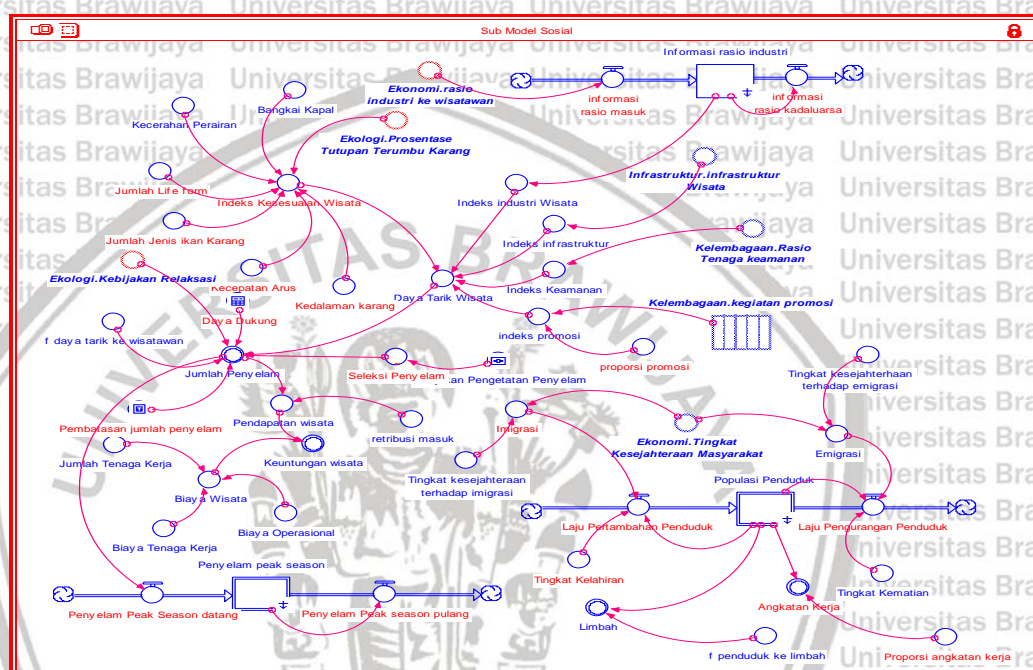
(migrasi). Apabila ditinjau dari faktor alami, maka jumlah populasi penduduk dipengaruhi oleh angka kelahiran dan kematian, sedangkan secara migrasi maka populasi penduduk dipengaruhi oleh migrasi masuk (imigrasi) dan migrasi keluar (emigrasi). Simulasi untuk mengetahui perkembangan pertumbuhan penduduk di kawasan wisata selam Tulamben dibuat berdasarkan jumlah populasi penduduk Desa Tulamben yang mencapai 11.223 jiwa. Pertumbuhan penduduk Desa Tulamben selama 10 tahun terakhir disajikan pada Gambar 5.33.



Gambar 5.33. Grafik pertumbuhan penduduk Desa Tulamben pada tahun 2011-2020.
(sumber : Badan Pusat Statistik, 2020)

Simulasi dinamika sistem untuk mengetahui penduduk yang melakukan imigrasi dan emigrasi, dinamikanya dipengaruhi oleh tingkat kesejahteraan masyarakat Desa Tulamben yang disimulasikan pada submodel ekonomi. Pertumbuhan populasi yang tinggi tentu saja dapat meningkatkan perekonomian, akan tetapi dapat memiliki dampak buruk bagi lingkungan yaitu terjadinya pencemaran lingkungan (Hidayah, 2017). Jumlah penduduk digunakan untuk menghitung jumlah limbah rumah tangga yang masuk ke laut dan berpengaruh terhadap keberadaan ekosistem terumbu karang. Selain itu jumlah penduduk

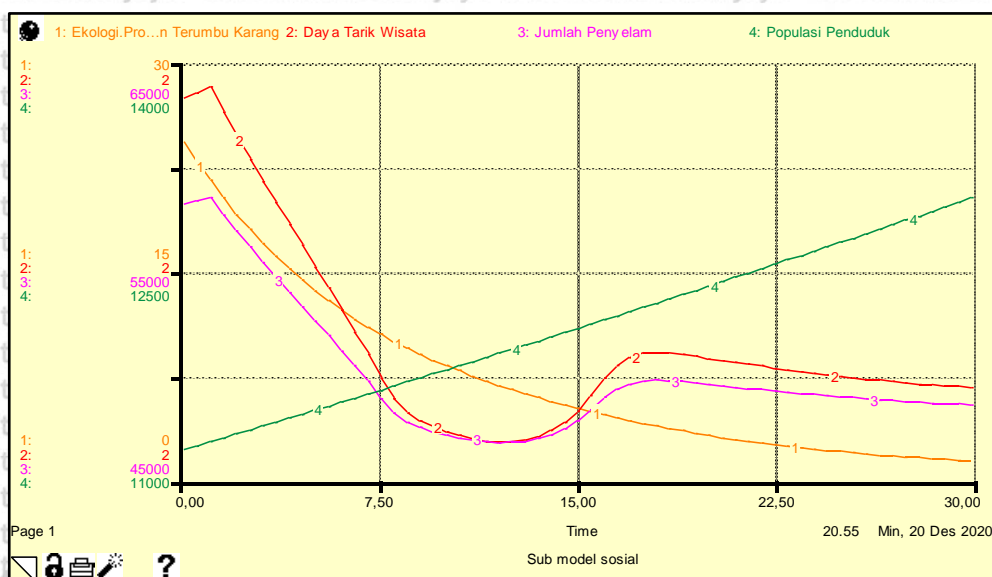
juga digunakan untuk menghitung angkatan kerja yang siap melakukan pekerjaan di kawasan wisata selam Tulamben. Angkatan kerja ini yang akan mempengaruhi pertumbuhan pemandu selam, tenaga keamanan dan jumlah relawan yang siap turun dalam melakukan konservasi terumbu karang jika dibutuhkan. *Stock and flow diagram* pengelolaan wisata selam Perairan Tulamben berdasarkan submodel sosial disajikan dalam Gambar 5.34.



Gambar 5.34. *Stock and flow diagram* pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel sosial (jumlah kunjungan wisatawan merupakan variabel tujuan dalam pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel sosial)

Berdasarkan Gambar 5.35, menunjukkan bahwa grafik daya tarik wisata dan jumlah wisatawan dipengaruhi oleh luas tutupan terumbu karang. Pada tahun ketiga belas ada kenaikan dikarenakan pengaruh dari daya dukung lain seperti promosi, jumlah infrastruktur dan jumlah industri pariwisata yang nilainya meningkat dikarenakan ada anggaran pada sektor tersebut dalam rangka meningkatkan daya tarik wisata dari sektor pendukung. Pada kondisi *eksisting*,

peningkatan jumlah penduduk lebih dipengaruhi oleh pertumbuhan alami yaitu kelahiran dan kematian.



Gambar 5.35. Grafik simulasi kondisi *eksisting* pengelolaan wisata selama Tulamben berdasarkan submodel sosial

5.8.5. Submodel Kelembagaan

Submodel kelembagaan dibangun dari beberapa variabel yang berpengaruh dalam pengelolaan kawasan wisata selama Tulamben. Variabel tersebut meliputi :

1. Pertumbuhan petugas keamanan kawasan wisata selama Tulamben.
2. Pertumbuhan lembaga yang mensimulasikan lembaga/masyarakat peduli lingkungan di sekitara kawasan wisata selama Tulamben.
3. Pertumbuhan pemandu selam lokal untuk memenuhi kebutuhan ideal rasio pemandu selam dan wisatawan.
4. Promosi wisata selam Tulamben oleh pengelola wisata selam dengan *event-event* yang dilakukan.

Kenyamanan dan keamanan menjadi kondisi yang sangat penting dalam industri pariwisata. Aspek tersebut pada dua dekade terakhir telah menjadi isu yang semakin besar dan mempunyai dampak yang sangat besar terhadap keberlangsungan aktivitas perjalanan dan pariwisata (Kövéri and Zimányi, 2011).

Secara keseluruhan petugas keamanan yang ada di kawasan wisata selam Tulamben adalah petugas kepolisian tingkat sektor Kecamatan Kubu yang ditambah petugas keamanan desa adat (pecalang). Pertumbuhan petugas keamanan pada submodel kelembagaan dipengaruhi oleh rasio kebutuhan ideal wisatawan pada *peak season* dengan ketersediaan petugas keamanan desa adat. Petugas keamanan yang disimulasikan adalah petugas keamanan dari desa adat yang diperbantukan. Pertumbuhan petugas keamanan desa adat dipengaruhi oleh gap kebutuhan ideal dan ketersediaan tenaga keamanan, anggaran petugas keamanan dan ketersediaan SDM di masyarakat yang termasuk dalam angkatan kerja, namun demikian tidak semua angkatan kerja akan menjadi pecalang. Pada pengelolaan keamanan kawasan wisata selam Tulamben, pembatasan potensi yang menjadi pecalang dalam submodel hukum dan kelembagaan berupa proporsi potensi jadi pecalang. Pada kondisi *eksisting* berapapun jumlah wisatawan, jumlah tenaga keamanan masyarakat sebanyak dua orang. Dimana pada model *eksisting* dibatasi dengan anggaran untuk honor dua orang pecalang.

Menurut Prafitri dan Damayanti (2016), kelembagaan dalam konteks pariwisata adalah komponen penting dalam menunjang keberhasilan pariwisata. Urgensi keberadaan kelembagaan dalam bidang pariwisata adalah kelembagaan dapat berperan sebagai wadah sekaligus penggerak dalam memfasilitasi, dan mengembangkan partisipasi masyarakat dalam bidang pariwisata (Prafitri dan Damayanti 2016). Pada submodel kelembagaan, dapat dijelaskan pula bahwa peran pengawasan berpengaruh untuk mencegah agar kerusakan terumbu tidak terus menerus terjadi. Pengawasan dapat dilakukan oleh lembaga pemerintah dan lembaga masyarakat. Selaian berfungsi sebagai pengawasan, lembaga dalam bentuk lembaga swadaya masyarakat maupun kelompok masyarakat lainnya berperan dalam pelaksanaan konservasi terumbu karang. Pertumbuhan

kelompok masyarakat dipengaruhi oleh luasan terumbu karang rusak yang harus dilakukan konservasi dan proporsi angkatan kerja masyarakat yang mau masuk dalam lembaga sosial peduli lingkungan. Pada dasarnya kelompok masyarakat tersebut mereka tidak menuntut biaya, mereka hanya menyumbang tenaga dalam membantu pemerintah melakukan konservasi sehingga anggaran yang digunakan hanya disediakan untuk anggaran rehabilitasi terumbu karang buatan dan transplantasi terumbu karang.

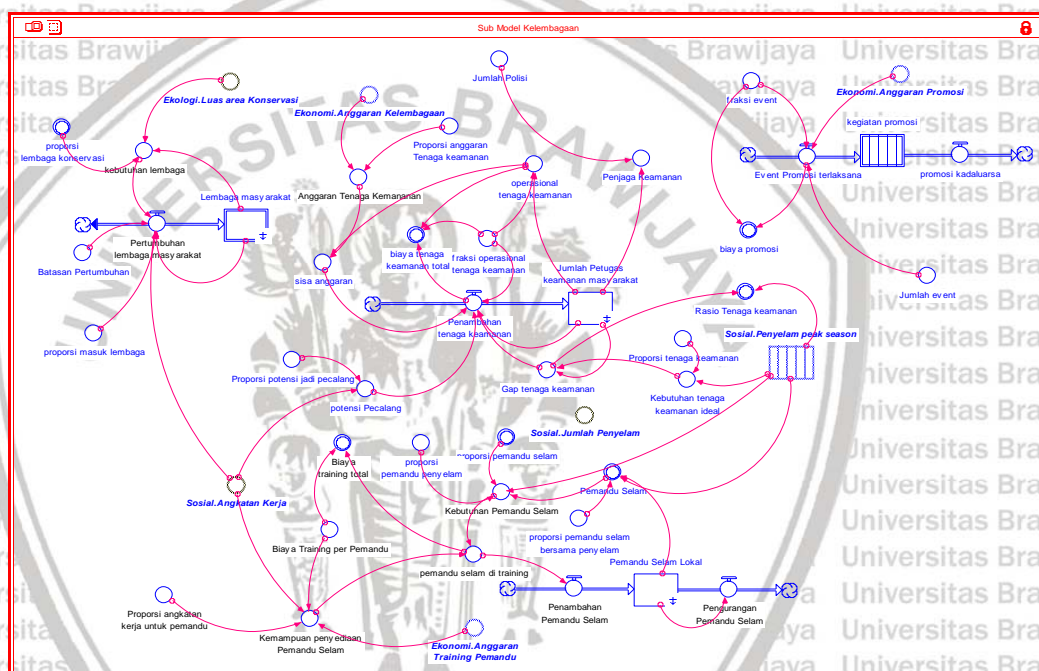
Pemandu selam lokal berfungsi sebagai penyedia jasa wisatawan dalam kegiatan wisata selam. Tugas pemandu selam membawa wisatawan, menunjukkan spot penyelaman yang indah dan membawa pulang ke daratan dengan selamat. Selain tugas tersebut pemandu selam juga bertugas sebagai pengawas agar wisatawan selam tidak merusak lingkungan bawah laut.

Pemandu selam lokal di kawasan wisata Tulamben saat ini berjumlah 35 orang yang tergabung dalam Organisasi Pemandu Selam Tulamben (OPST).

Pertumbuhan pemandu selam lokal pada dasarnya bertujuan untuk memenuhi gap rasio pemandu selam dengan wisatawan. Pemandu selam terdiri dari pemandu selam yang datang bersama wisatawan dan pemandu selam lokal masyarakat sekitar. Pada submodel kelambagaan pertumbuhan pemandu selam digambarkan dengan melakukan training pemandu selam sesuai kebutuhan pemandu selam yang dibatasi oleh anggaran pelatihan pemandu selam dan jumlah angkatan kerja yang proporsinya diperuntukkan untuk menjadi pemandu selam. Pada kondisi *eksisting* kebutuhan pemandu selam lokal menurun karena jumlah wisatawan yang menurun.

Memperkenalkan produk pariwisata memerlukan promosi objek wisata, tanpa promosi yang efektif maka objek wisata tidak dapat dikenal, sehingga tingkat kunjungan wisatawan rendah (Wolah, 2016). Promosi wisata selam Tulamben dilakukan dalam rangka memperkenalkan wisata selam Tulamben.

Promosi tersebut dalam bentuk *event festival* Tulamben yang diadakan setiap tahun. Promosi yang dilakukan akan memberikan citra wisata positif pada daya tarik wisata selam Tulamben. Tingkat promosi dipengaruhi oleh jumlah even yang diadakan baik oleh lembaga pemerintah maupun swasta. Pada model ini tidak dibedakan antara even pemerintah maupun swasta, yang dijadikan variabel berpengaruh adalah jumlah *event* yang dilakukan setiap tahun. *Stock and flow diagram* pengelolaan wisata selam Perairan Tulamben berdasarkan submodel kelembagaan disajikan dalam Gambar 5.36.

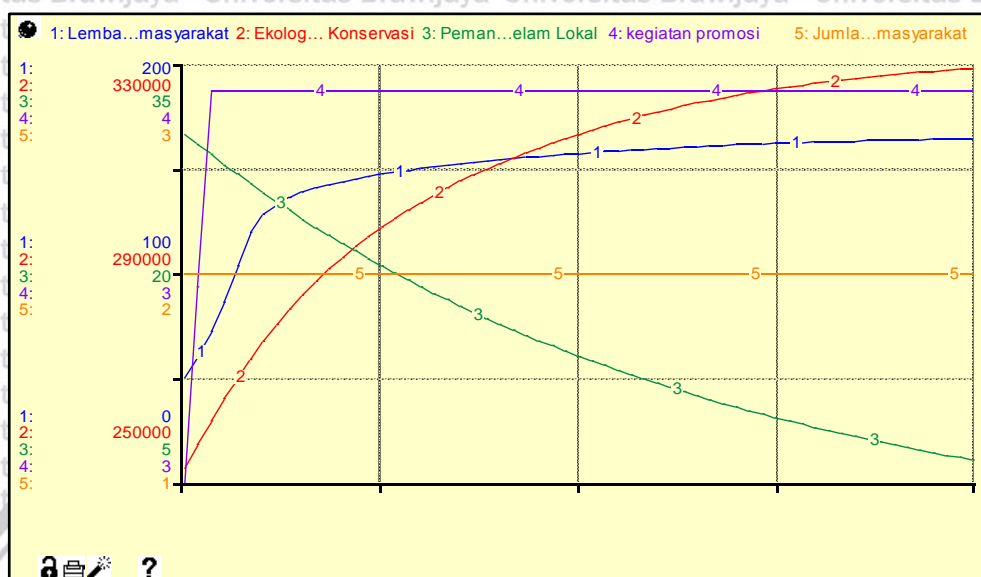


Gambar 5.36. *Stock and flow* diagram pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel kelembagaan

Berdasarkan Gambar 5.37, grafik menunjukkan bahwa lembaga swadaya masyarakat yang peduli pada terumbu karang bertambah seiring dengan kebutuhan untuk konservasi terumbu karang. Meningkatnya lembaga swadaya masyarakat yang peduli terhadap terumbu karang disebabkan oleh adanya kerusakan terumbu karang. Kerusakan terumbu karang tersebut berdampak pada penurunan persentase tutupan terumbu karang. Kerusakan terumbu

karang tersebut berdampak pada jumlah pemandu selam lokal yang menurun.

Jumlah pemandu selam lokal menurun karena jumlah wisatawan menurun drastis akibat penurunan tutupan terumbu karang.



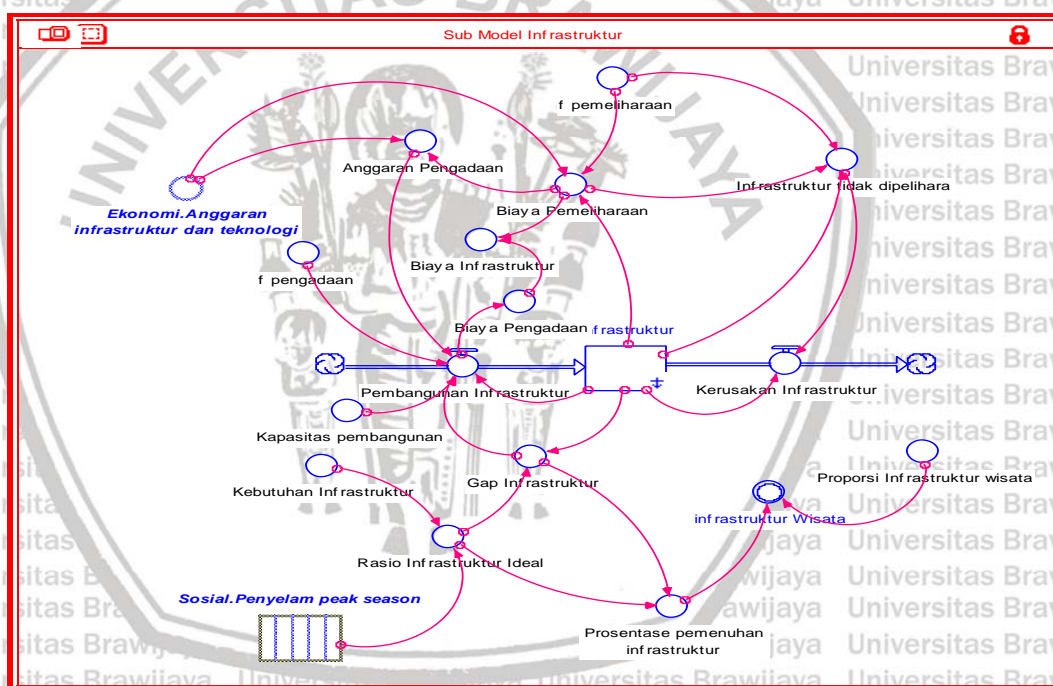
Gambar 5.37. Grafik simulasi kondisi *eksisting* pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan submodel kelembagaan

5.8.6. Submodel Infrastruktur

Kunci utama untuk menciptakan sebuah daerah dengan industri pariwisata yang baik adalah terwujudnya kenyamanan pengunjung. Kenyamanan pengunjung akan bisa terlaksana jika dua variabel terpenuhi yakni perilaku masyarakat yang ramah dan infrastruktur. Dalam rangka menciptakan pembangunan kepariwisataan yang berkelanjutan maka harus dimulai dari pemahaman kondisi *eksisting* infrastruktur pariwisata yang ada. Dengan dasar tersebut tercipta *master plan* pembangunan infrastruktur pariwisata guna mendukung pengembangan ekonomi daerah (Hesna *et al.*, 2016).

Submodel infrastruktur mendeskripsikan pembangunan infrastruktur yang terkait dengan dukungan pada kegiatan wisata selam Tulamben. Dinamika submodel infrastruktur dipengaruhi oleh ketersediaan anggaran dan rasio kebutuhan infrastruktur terhadap jumlah wisatawan selam (*peak season*) dan

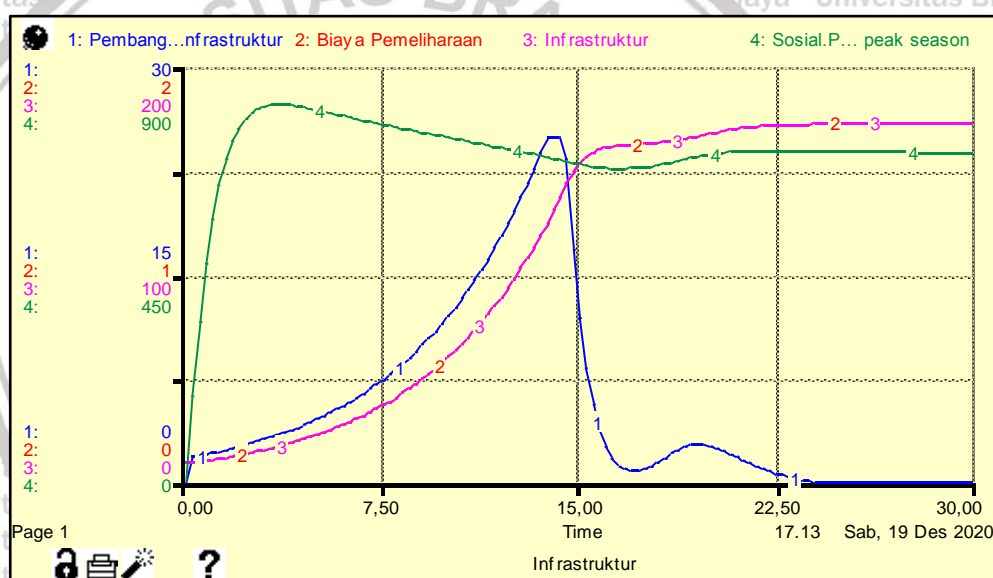
biaya perawatan infrastruktur yang telah tersedia. Gap rasio antara ketersediaan infrastruktur dengan jumlah wisatawan menjadi dasar pembangunan infrastruktur. Kecepatan pembangunan infrastruktur dibatasi oleh anggaran yang harus dibagi menjadi dua yaitu anggaran pengadaan dan anggaran pemeliharaan. Ketika infrastruktur masih sedikit maka anggaran perawatan masih sedikit sehingga anggaran infrastruktur lebih banyak pada proses pengadaan. Sedangkan ketika perawatan infrastruktur sudah mendekati total anggaran maka pembangunan infrastruktur mulai melandai. *Stock and flow* diagram pengelolaan wisata selama Perairan Tulamben berdasarkan submodel infrastruktur dan teknologi di sajikan dalam Gambar 5.38.



Gambar 5.38. *Stock and flow* diagram pengelolaan wisata selama Tulamben berdasarkan submodel infrastruktur

Berdasarkan Gambar 5.39, grafik menunjukkan bahwa pada tahun 0-15 pembangunan infrastruktur masih tinggi, untuk meminimalisir gap rasio penyelam dengan ketersediaan infrastruktur. Setelah tahun ke-15 pembangunan infrastruktur berhenti karena rasio sudah seimbang, dimana penurunan jumlah

wisatawan bertemu dengan titik kenaikan infrastruktur. Pada tahun ke-17, jumlah wisatawan mulai meningkat sehingga infrastruktur mengimbangi dengan penambahan fasilitas wisata walaupun tidak semasif 15 tahun pertama. Pada tahun ke-17 sampai tahun ke-20 ada pembangunan infrastruktur lagi untuk mengimbangi peningkatan wisatawan. Menurut Priatmoko (2017) Infrastruktur memiliki peranan penting dan berpengaruh positif terhadap keputusan berkunjung wisatawan. Grafik merah muda (infrastruktur berbanding lurus dengan grafik merah/biaya pemeliharaan) menunjukkan bahwa biaya pemeliharaan masih mampu mengikuti perkembangan infrastruktur wisata selama Tulamben.



Gambar 5.39. Grafik simulasi kondisi *eksisting* pengelolaan wisata selama Tulamben berdasarkan submodel infrastruktur

5.9. Verifikasi dan Validasi Model Pengelolaan Wisata Selam

Verifikasi dan validasi merupakan tahapan penting untuk memastikan apakah sistem yang bekerja telah merepresentasikan sistem nyata. Verifikasi dan validasi model bertujuan untuk mengetahui apakah model yang telah dibangun sudah layak digunakan untuk mensimulasikan sistem untuk kebutuhan analisis atau prediksi. Model yang baik adalah model yang dapat

merepresentasikan keadaan yang sebenarnya. Untuk menguji kebenaran suatu model dengan kondisi obyektif dilakukan uji validasi (Susetyo and Laxmi, 2017).

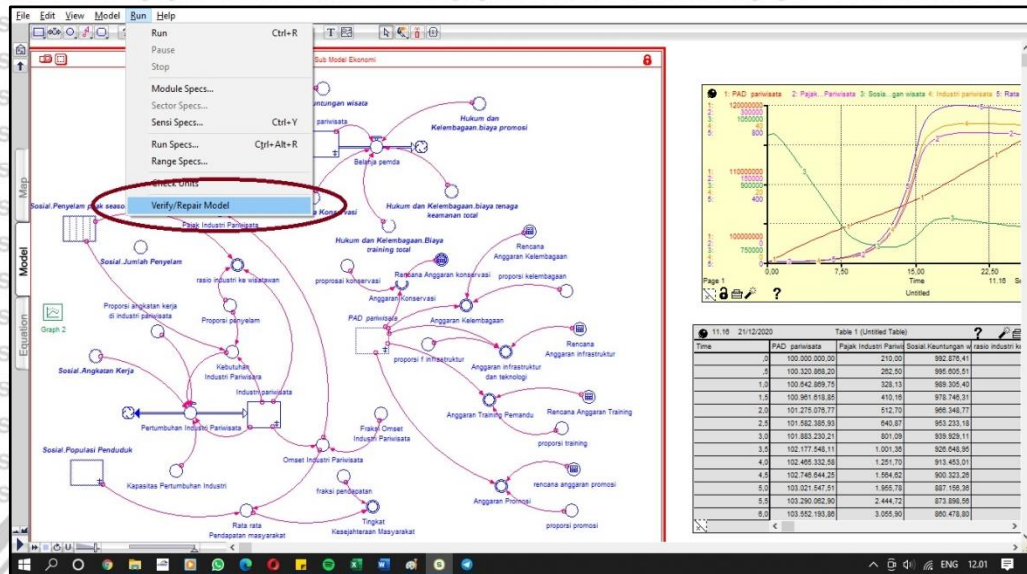
Model divalidasi dengan membandingkan kinerja model hasil analisis basis model dari beberapa level (*stock*) sumberdaya dengan hasil analisis data pengamatan dan data sekunder melalui pengujian secara statistik.

Model dinamika sistem pada penelitian ini merupakan penyederhanaan dari interaksi antar variabel. Verifikasi dan validasi ini dilakukan dengan menggunakan berbagai mekanisme pengujian model yaitu : (1) uji/verifikasi persamaan (*equations*) dan unit model; (2) verifikasi/uji struktur model; (3) uji kecukupan batasan; (4) uji parameter model; (5) uji kondisi ekstrim; (6) uji replika/perilaku model; (7) uji sensitivitas model.

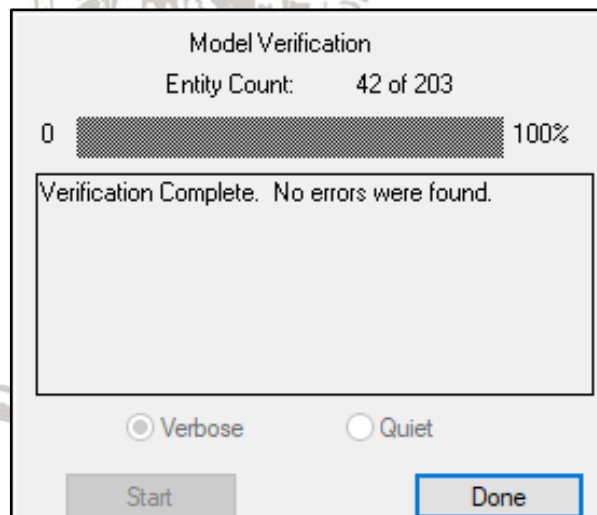
5.9.1. Uji/Verifikasi Persamaan (*Equations*) dan Unit Model

Verifikasi model merupakan langkah pengecekan model apakah secara logika dan matematis telah benar dan data yang digunakan telah tepat serta memastikan konsistensi dari setiap ekspresi dalam model (Daellenbach dan McNickle, 2005). Verifikasi model digunakan untuk melihat kelayakan model dengan konsep model baik secara struktur *stock flow diagram* maupun struktur unit satuan model. Pada model simulasi dinamika sistem pengelolaan wisata selam Tulamben, langkah verifikasi dilakukan dengan pemeriksaan persamaan (*equation*) dan pemeriksaan unit (satuan) variabel dari model. Pada tahap verifikasi persamaan dan unit model dilakukan dengan pemeriksaan apakah hubungan antar variabel yang dibuat dalam bentuk *stock flow diagram* telah memiliki hubungan timbal balik (*causal*) yang tepat. Hal ini berarti interaksi antar variabel telah membentuk *loop* yang saling mempengaruhi satu dengan yang lainnya. Tahap ini dilakukan secara internal dengan menggunakan fasilitas/menu pemeriksaan pada *software*. Verifikasi model dilakukan dengan masuk ke *mode*

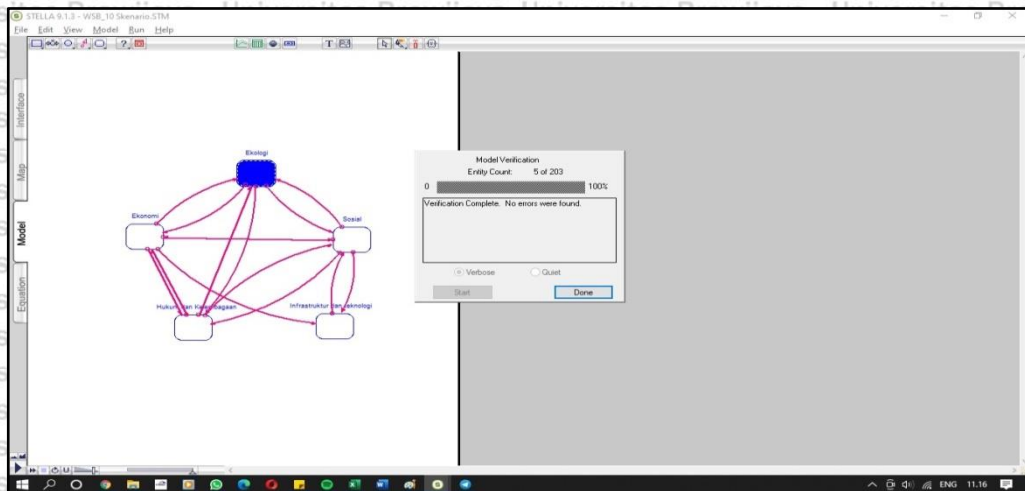
diagnostik → menu run → verify/repair model seperti pada Gambar 5.40. Apabila stock flow diagram yang dibuat telah benar, maka akan muncul tulisan “verification complete” sesuai dengan Gambar 5.40 – 4.47.



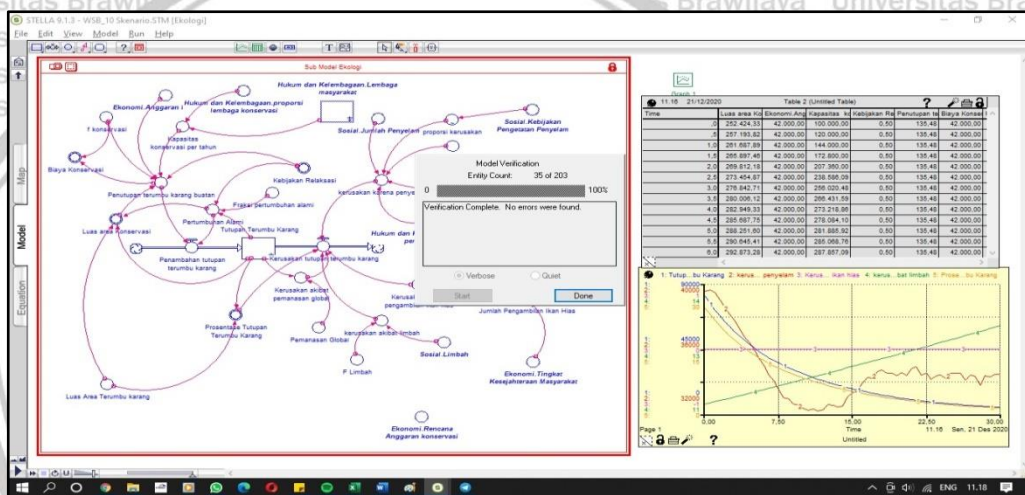
Gambar 5.40. Proses awal verifikasi model



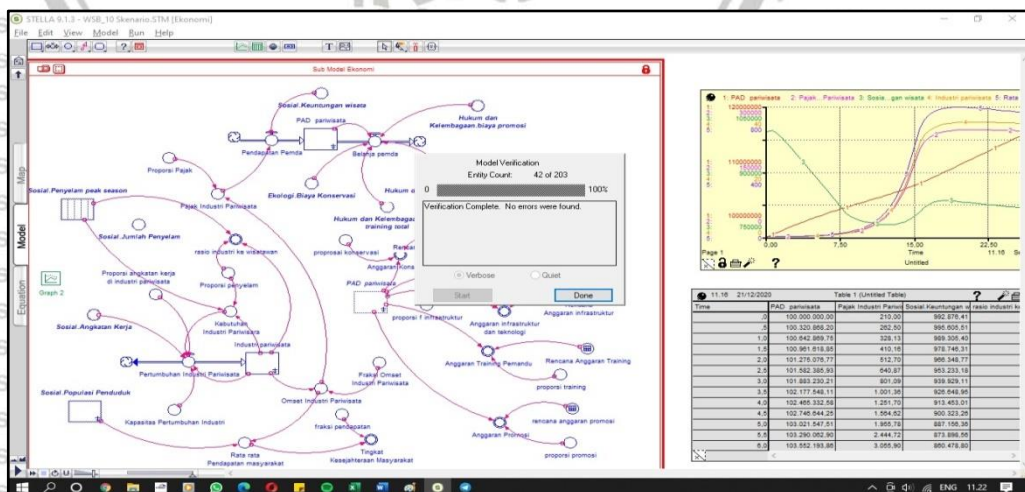
Gambar 5.41. Hasil verifikasi model yang sudah sesuai



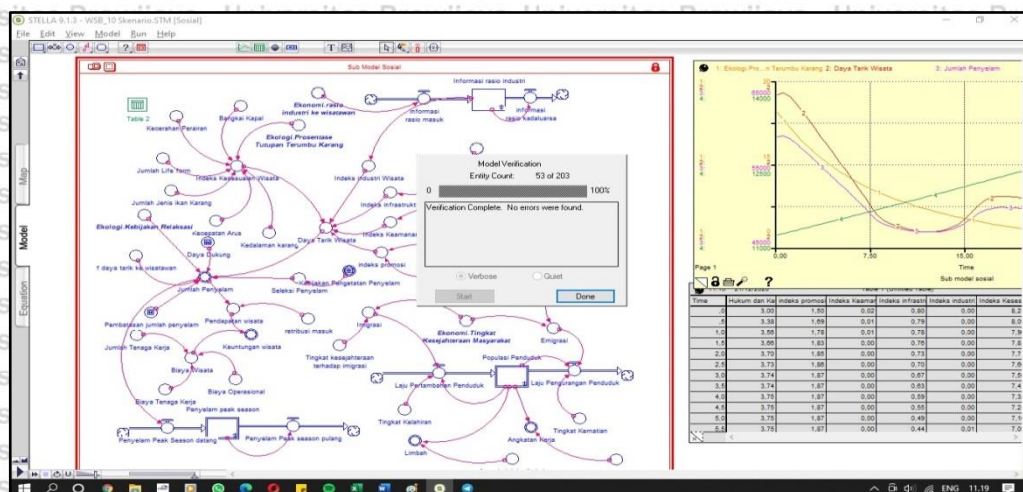
Gambar 5.42. Hasil verifikasi model utama



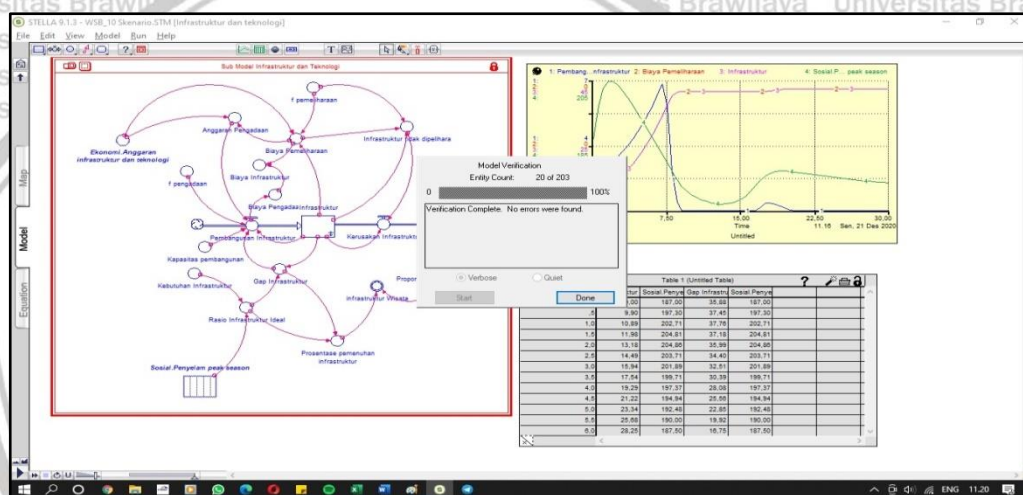
Gambar 5.43. Hasil verifikasi submodel ekologi



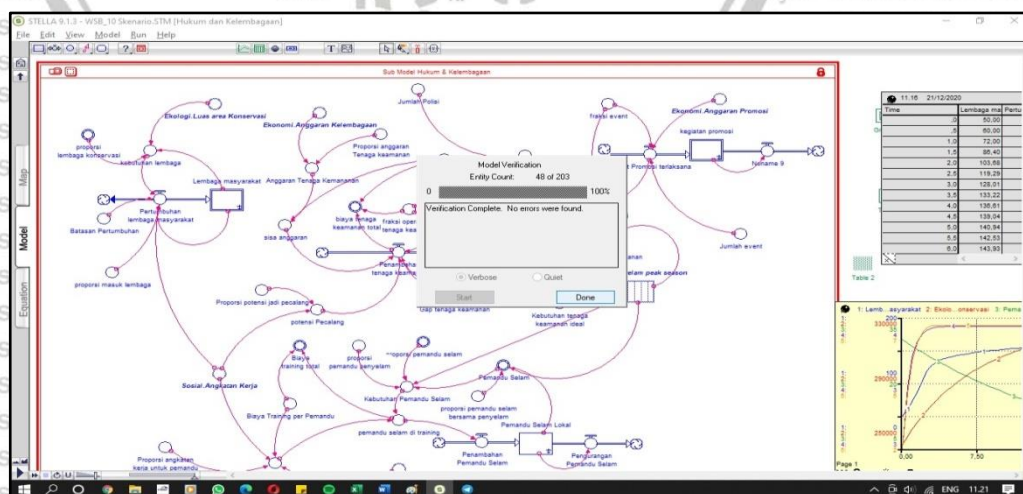
Gambar 5.44. Hasil verifikasi submodel ekonomi



Gambar 5.45. Hasil verifikasi submodel social

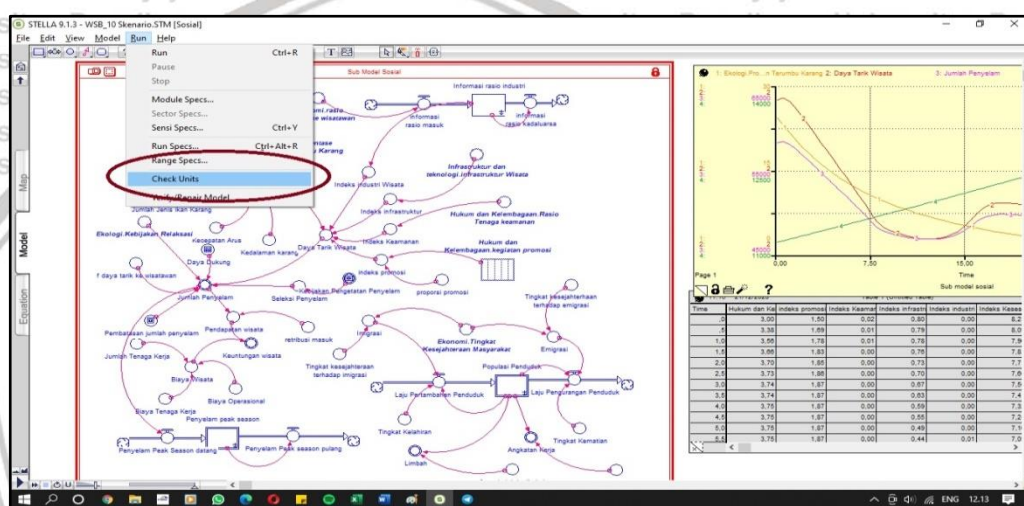


Gambar 5.46. Hasil verifikasi submodel Infrastruktur

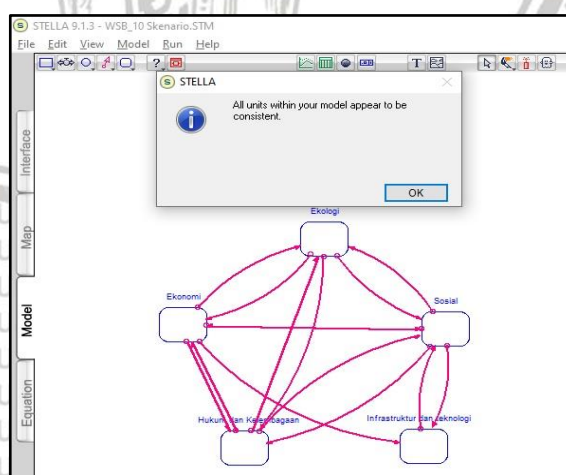


Gambar 5.47. Hasil verifikasi submodel kelembagaan

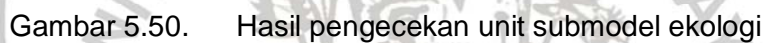
Berdasarkan hasil verifikasi dari semua model, *stock flow diagram* yang dibuat telah benar “*verification complete*” dan menyatakan 0% error, dimana secara struktur model dinyatakan valid. Selanjutnya dilakukan pengecekan unit model. Pengecekan unit model dilakukan menggunakan menu pada software.. Proses awal pengecekan unit model disajikan pada Gambar 5.48. Apabila semua unit yang digunakan dalam model sudah tepat, maka akan muncul tulisan “*All units within your model appear to be consistent are*” pada masing-masing submodel sesuai dengan Gambar 5.49 – 5.54.

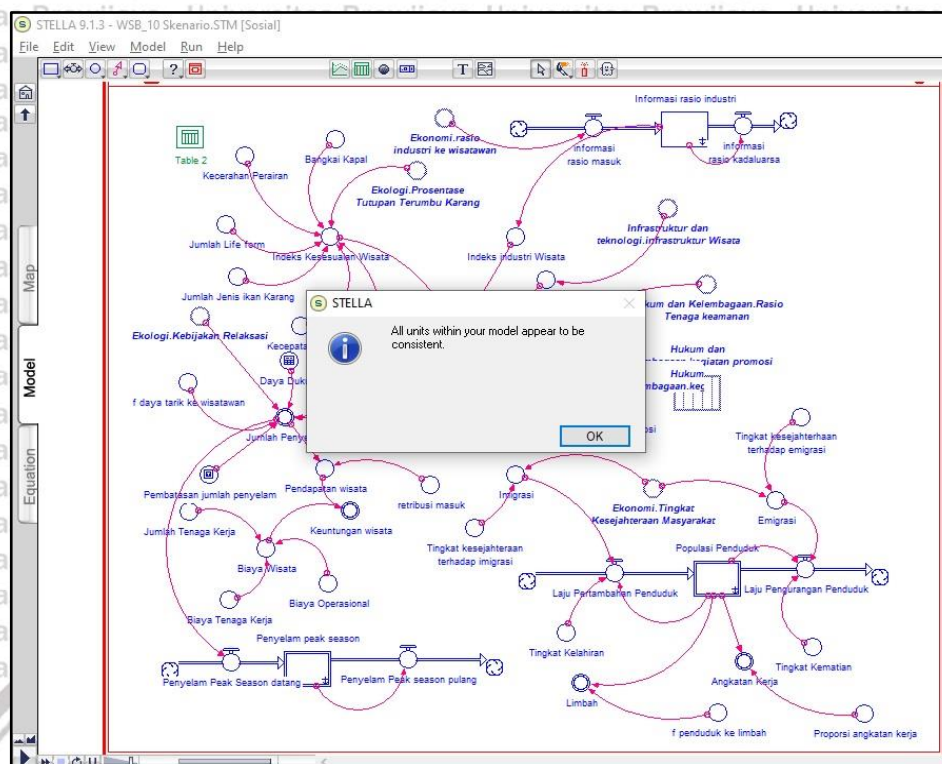


Gambar 5.48. Proses awal pengecekan unit model

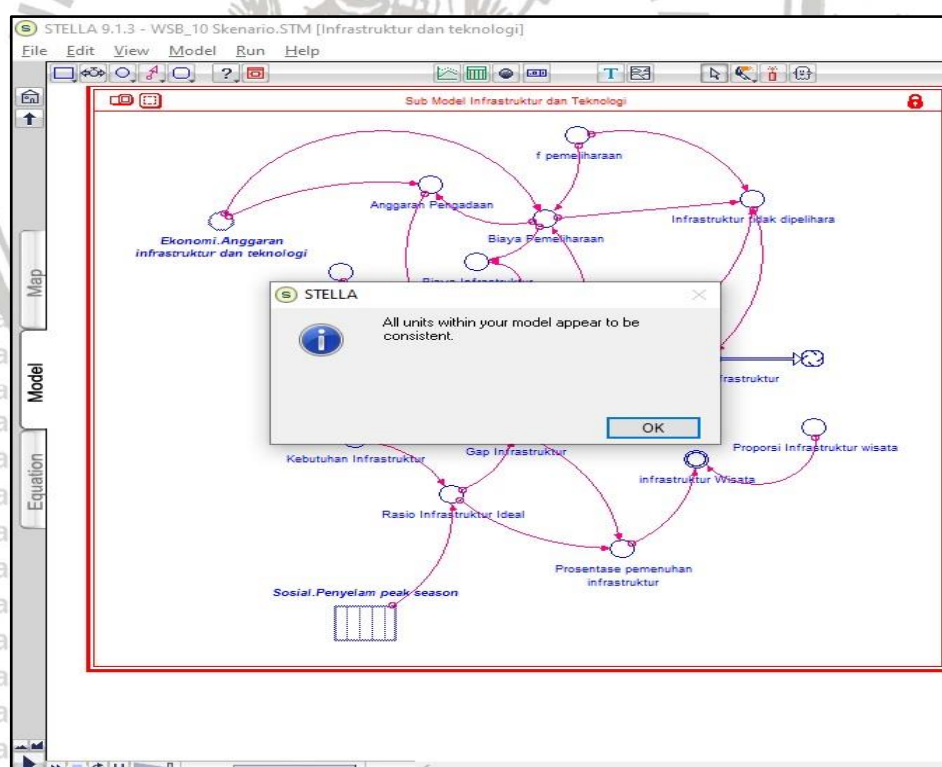


Gambar 5.49. Hasil pengecekan unit model utama

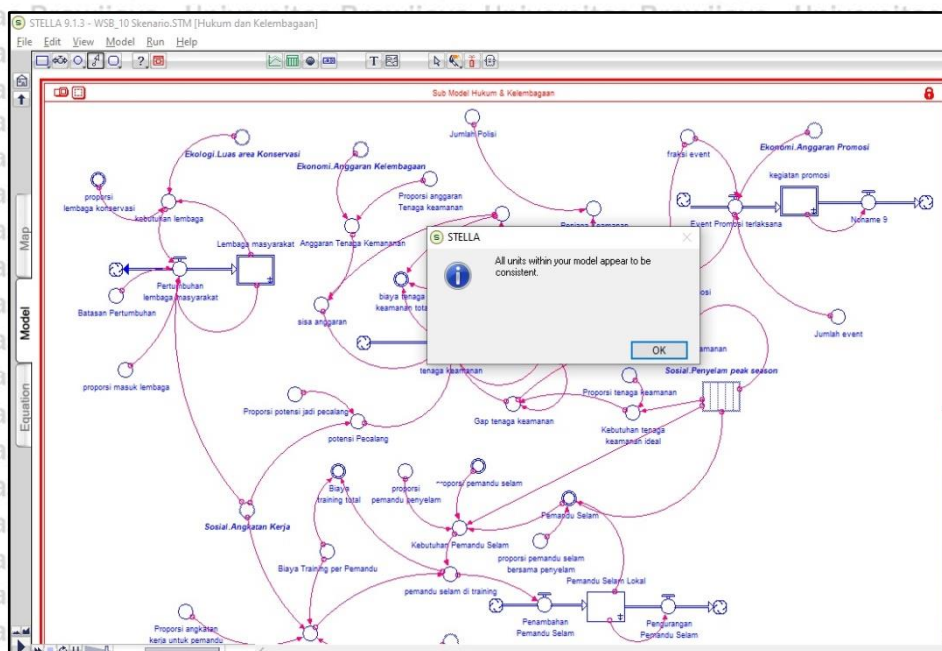




Gambar 5.52. Hasil pengecekan unit submodel sosial



Gambar 5.53. Hasil pengecekan unit submodel infrastruktur



Gambar 5.54. Hasil pengecekan unit submodel kelembagaan

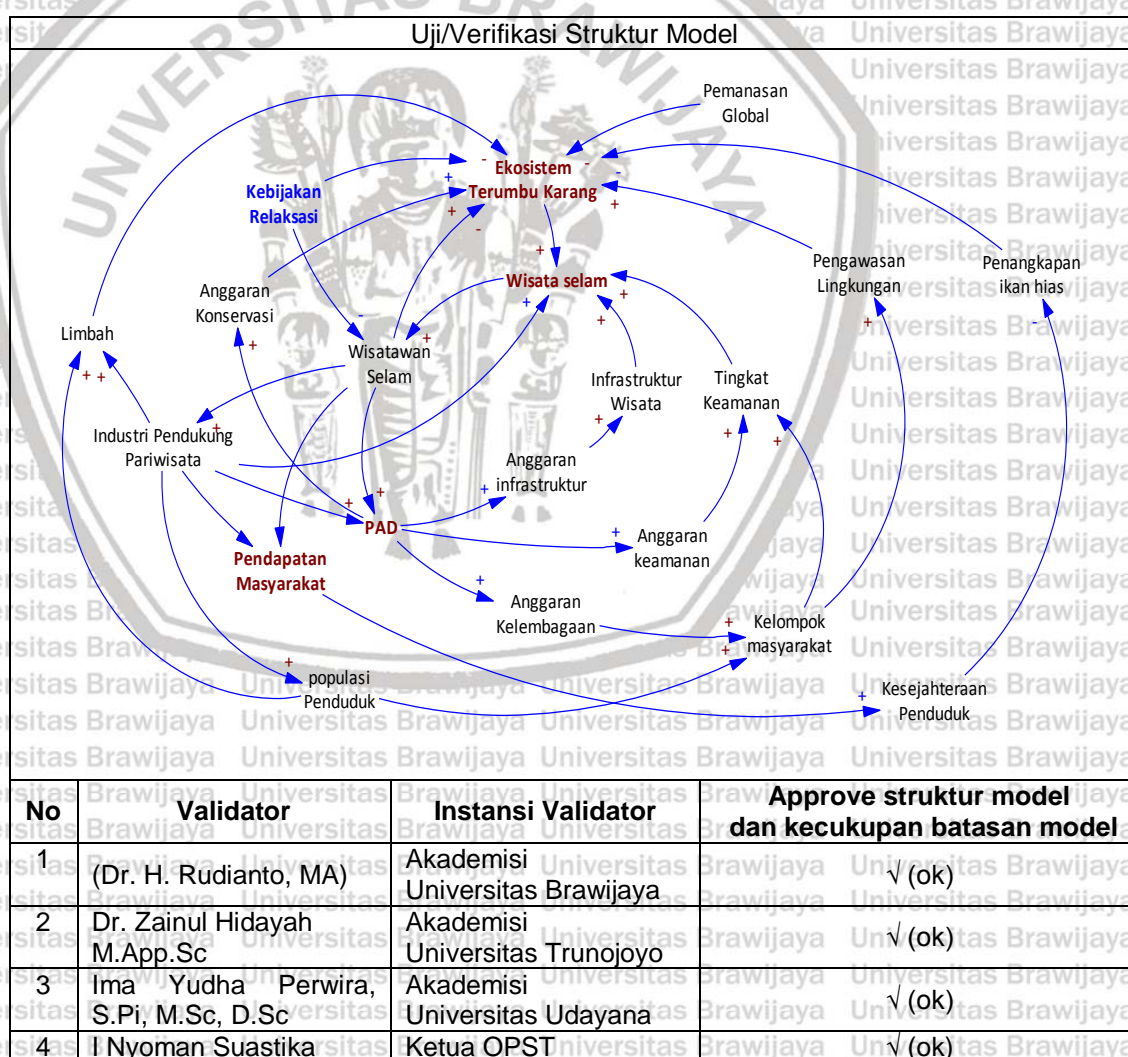
Berdasarkan hasil pengecekan unit model pada masing-masing model didapatkan semua submodel sudah memiliki unit yang konsisten, pada gambar telah sesuai dengan muncul tulisan "*All units within your model appear to be consistent are*". Berdasarkan hasil uji/verifikasi persamaan (*equations*) dan unit model pada setiap submodel tidak terdapat *error equation* model dan tidak ada inkonsistensi unit, sehingga dari segi formulasi dan konsistensi unit model dinamika sistem pengelolaan wisata selam Tulamben dinyatakan valid.

5.9.2. Uji/Verifikasi Struktur Model

Uji/verifikasi struktur model merupakan salah satu metode uji kualitatif untuk validitas model. Tujuan utama dari uji ini adalah untuk melihat apakah interaksi antar variabel dalam struktur model yang telah dibangun sudah sesuai dengan struktur sistem nyata. Setiap faktor yang berpengaruh dan dianggap penting pada sistem nyata harus dapat direpresentasikan dalam model.

Uji struktur pada penelitian ini dilakukan dengan melibatkan pakar yang mengenal konsep dari sistem pengelolaan wisata selam yang dimodelkan.

Pengujian pada model yang dibuat pada penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan diskusi/ wawancara mendalam (*in-depht interview*) dengan beberapa ahli (*expert*) yang mengenal tata kelola dalam sistem wisata selam Tulamben baik secara konseptual maupun faktual. Fungsi dari narasumber tersebut diatas adalah sebagai evaluator untuk melakukan validasi dari model dinamika sistem yang dibangun. Berdasarkan hasil dari pendapat validator, maka model yang dibuat untuk menggambarkan tata kelola kawasan wisata selam Tulamben telah sesuai dengan kondisi faktual yang ada di lapangan. Model telah diterima oleh validator sehingga model dianggap valid secara kualitatif. Hasil Uji/verifikasi struktur model disajikan dalam Gambar 5.55.



Gambar 5.55. Hasil uji/verifikasi struktur model

5.9.3. Uji Kecukupan Batasan Model

Uji kecukupan model (*boundary adequacy test*) bertujuan untuk mengetahui apakah model yang dibuat sudah sesuai dengan tujuan yang direncanakan.

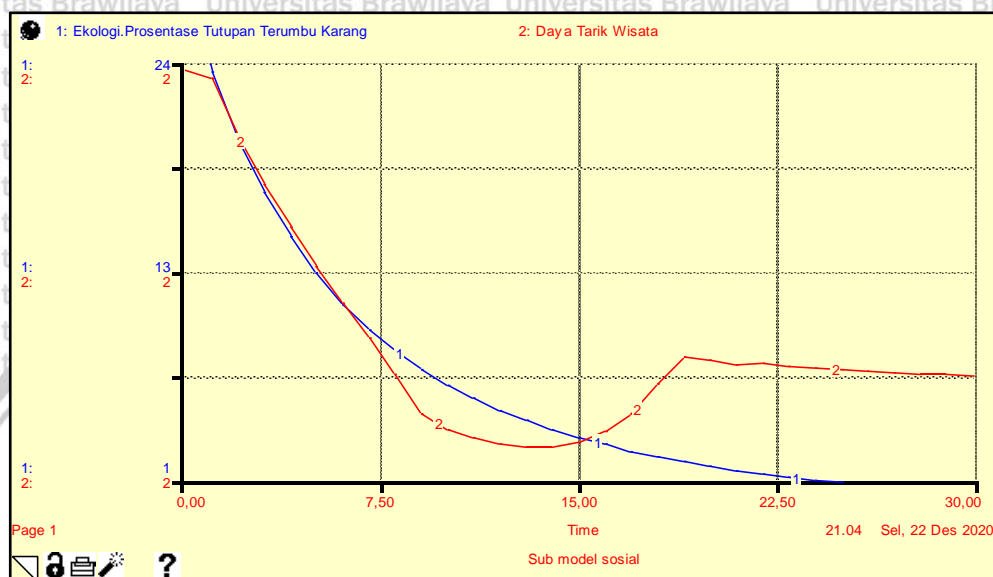
Tujuan pembuatan model dalam penelitian ini adalah untuk melihat seberapa besar dampak dari dinamika sistem pada submodel ekologi, ekonomi, sosial, kelembagaan dan infrastruktur yang mempengaruhi kondisi *eksisting* kawasan wisata selam Tulamben serta skenario kebijakan selanjutnya terhadap aspek-aspek tersebut.

Langkah pembatasan model sudah dilakukan bersamaan dengan pemilihan variabel (dalam bentuk identifikasi variabel) yang memberikan pengaruh pada jalannya sistem pengelolaan wisata selam Tulamben, yaitu dengan menguji variabel-variabel yang sudah dimasukkan dalam model. Dalam hal ini, jika suatu variabel ternyata tidak berpengaruh secara signifikan terhadap tujuan model, maka variabel tersebut di eliminasi dari sistem. Pada Gambar 5.55, uji kecukupan batasan ini dilakukan bersamaan dengan uji struktur model yang melibatkan pendapat para *expert* dan evaluator yang telah disebutkan sebelumnya.

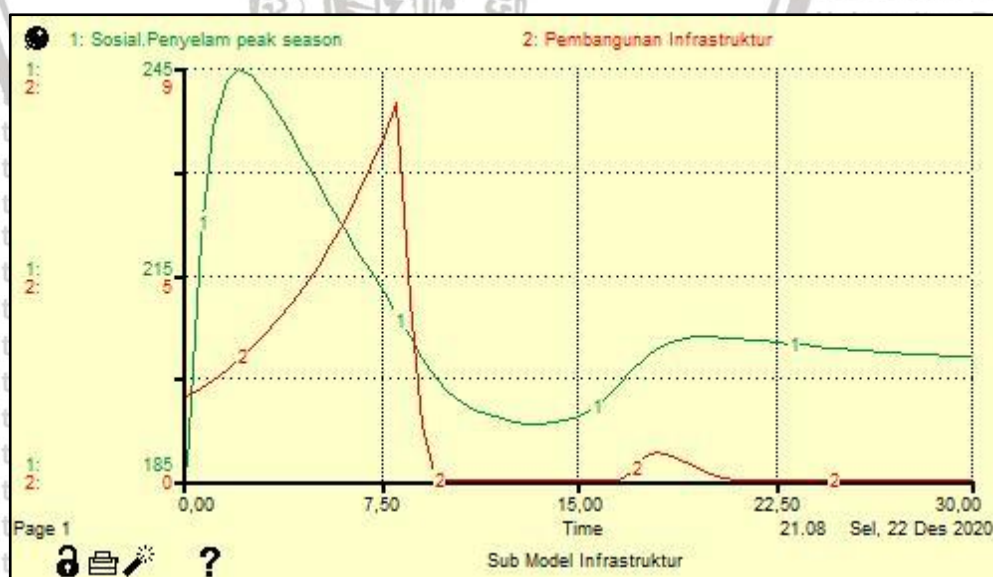
5.9.4. Uji Parameter Model

Uji parameter model dilakukan dengan melihat pola dua buah variabel yang saling berhubungan. Dengan membandingkan pola perilaku variabel aktual dengan pola variabel dalam simulasi. Pada model ini dilakukan pada variabel jumlah wisatawan penyelam dengan persentaseutupan terumbu karang pada submodel ekologi, variabel jumlah wisatawan penyelam dengan keuntungan wisata pada submodel ekonomi, variabel persentaseutupan terumbu karang dengan daya tarik wisata pada submodel sosial, variabel jumlah wisatawan penyelam *peak season* dengan jumlah tenaga pemandu lokal pada submodel

kelembagaan dan variabel jumlah wisatawan penyelam dengan pembangunan infrastruktur pada submodel infrastruktur. Hasil uji parameter persentase tutupan terumbu karang terhadap daya tarik wisata disajikan pada Gambar 5.56 dan Hasil uji parameter jumlah penyelam *peak season* harian dengan pembangunan infrastruktur disajikan pada Gambar 5.57.



Gambar 5.56. Grafik uji parameter persentase tutupan terumbu karang terhadap daya tarik wisata selama



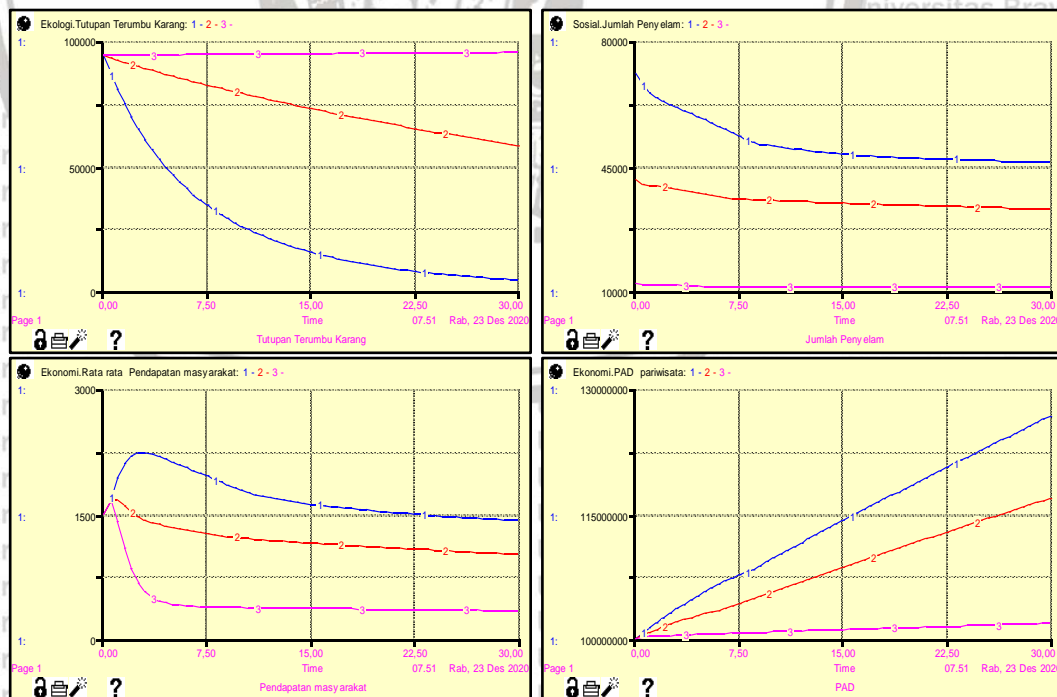
Gambar 5.57. Grafik uji parameter jumlah wisatawan penyelam *peak season* harian dengan pembangunan infrastruktur

5.9.5. Uji Kondisi Ekstrim

Uji kondisi ekstrim bertujuan untuk menguji kemampuan model pada nilai variabel yang kondisi ekstrim. Pada uji ini dilihat apakah perilaku model tetap menunjukkan pola yang sama atau menunjukkan hasil yang logis apabila dimasukkan nilai ekstrim terbesar dan terkecil. Sebelum melakukan uji ini, dipilih beberapa variabel dalam pemodelan untuk diberikan nilai ekstrim. Nilai variabel yang berubah signifikan sehingga memberikan kontribusi sebagai alat evaluasi kebijakan. Pada pengujian ini digunakan variabel dengan nilai normal, nilai ekstrim besar dan nilai ekstrim kecil. Hasil uji kondisi ekstrim pada variabel kebijakan pembatasan penyelam disajikan pada Gambar 5.58.

A. Variabel kebijakan pembatasan penyelam

- 1) Kebijakan pembatasan penyelam minimal 0
- 2) Kebijakan pembatasan penyelam normal 3
- 3) Kebijakan pembatasan penyelam maksimal 6

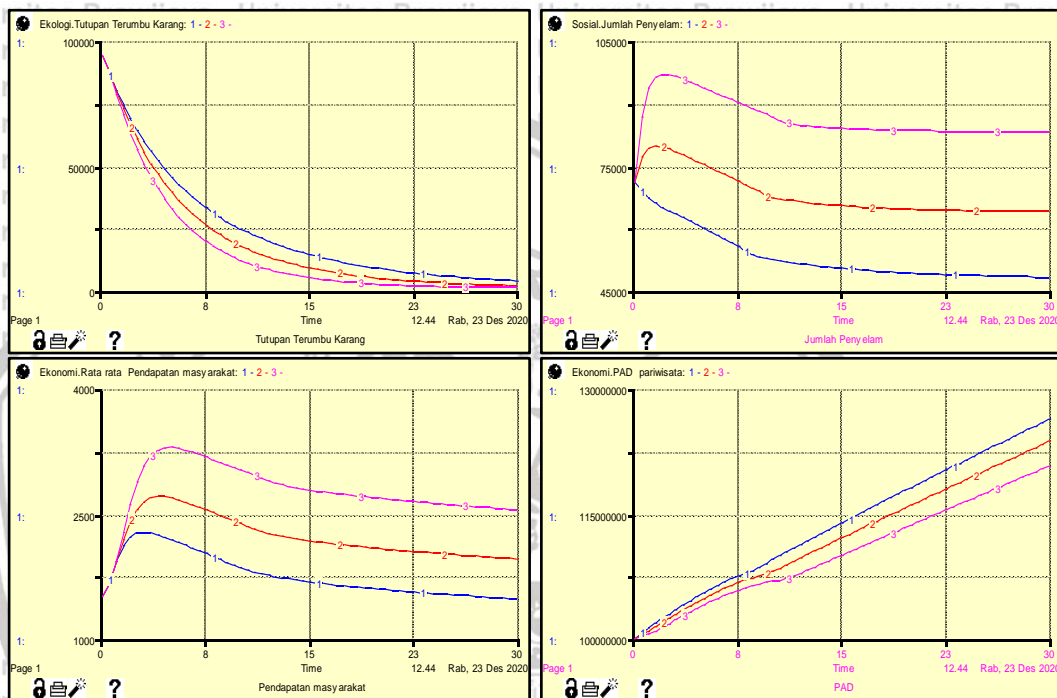


Gambar 5.58. Grafik uji kondisi ekstrim variabel kebijakan pembatasan wisatawan penyelam

Hasil uji kondisi ekstrim pada variabel jumlah event promosi disajikan pada Gambar 5.59.

B. Variabel Jumlah Event Promosi

- 1) Jumlah event minimal 1 event
- 2) Jumlah event normal 6 event
- 3) Jumlah event maksimal 12 event

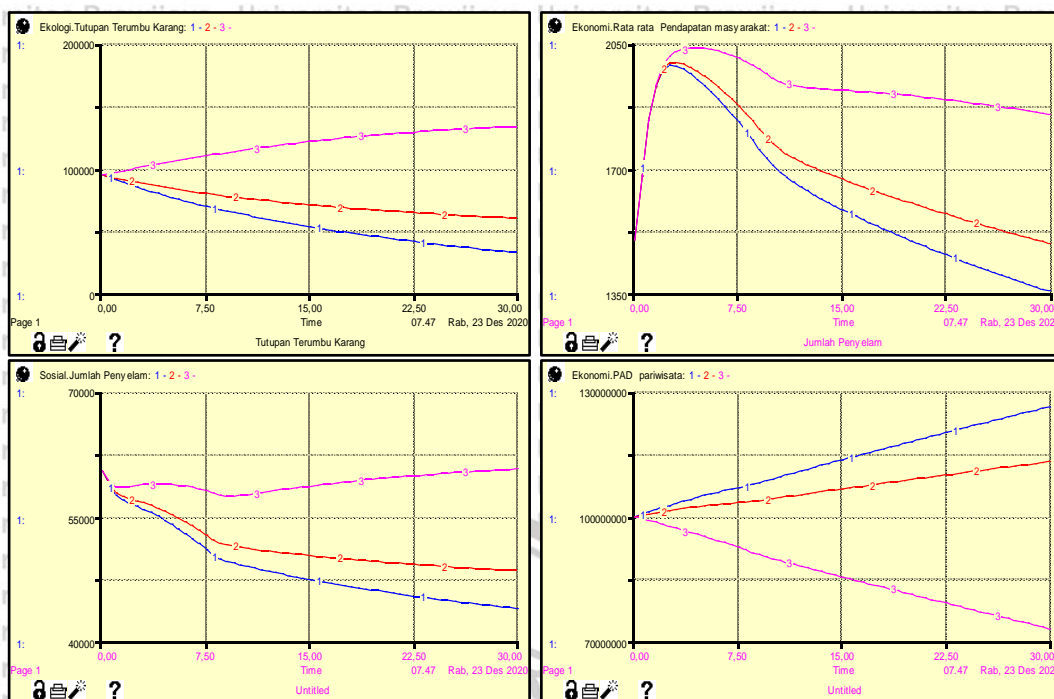


Gambar 5.59. Grafik uji kondisi ekstrim variabel jumlah event promosi

Hasil uji kondisi ekstrim pada variabel rencana anggaran konservasi disajikan pada Gambar 5.60.

C. Variabel Rencana Anggaran Konservasi

- 1) Nilai minimum Rp 0,-
- 2) Nilai normal Rp 3.000.000.000,-
- 3) Nilai maksimal Rp 8.000.000.000,-



Gambar 5.60. Grafik uji kondisi ekstrim pada variabel rencana anggaran konservasi

Dari ketiga variabel yang diuji kondisi ekstrim semua berjalan sesuai pola yang diharapkan baik dengan nilai minimal, nilai normal maupun nilai maksimal.

Dengan demikian sesuai hasil grafik uji kondisi ekstrim model dinamika sistem wisata selam Tulamben dinyatakan valid.

5.9.6. Uji Perilaku Model (*Replikasi*)

Secara kuantitatif validasi dilakukan dengan menggunakan *metode black box* ((Barlas, 1996). Metode *black box* dilakukan dengan membandingkan rata-rata nilai pada data aktual dengan rata-rata nilai pada hasil simulasi. Metode ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar *error* yang didapat ketika hasil simulasi dibandingkan dengan data ekisting. Variasi *error* antara data aktual dan data simulasi, dimana jika $E < 0,1$ maka model dinyatakan valid.

Model dinamika sistem wisata selam Tulamben disimulasikan selama 30 tahun. validasi perilaku model diambil variabel persentase tutupan terumbu karang. Hasil uji perilaku model didapatkan bahwa nilai *error* pada variabel

persentaseutupan terumbu karang adalah sebesar 0,01085321, oleh karena itu model pengelolaan wisata selam Tulamben dinyatakan valid secara kuantitatif.

Secara lebih jelas, perbandingan antara hasil simulasi dan data aktual disajikan pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11. Perhitungan hasil uji perilaku model

Tahun	Tutupan Terumbu Karang		Error
	Simulasi	Aktual	
2017	28,34	28,34	0,00000000
2018	23,94	24,53	0,02410191
2019	20,27	20,16	0,00845771
Rata-Rata Error			0,01085321

5.9.7. Uji Sensitivitas Model

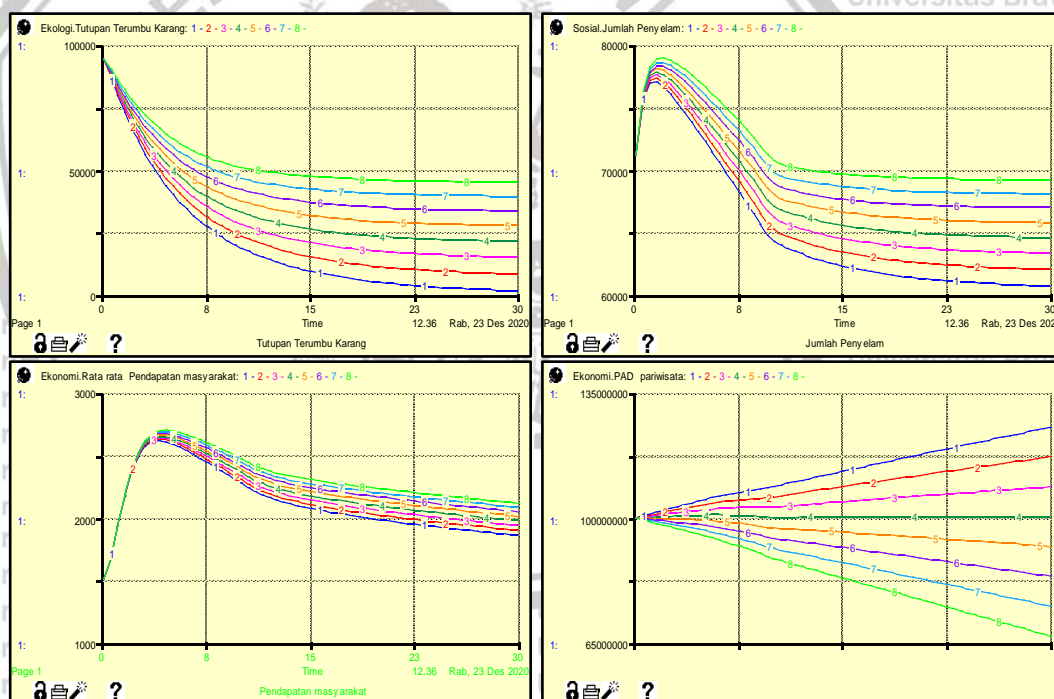
Analisis sensitivitas adalah alat yang berguna untuk analisis sistem dinamis yang dapat digunakan untuk memberikan informasi lokal tentang dampak dari perubahan parameter yang sangat kecil pada perilaku sistem, termasuk fungsi turunan dari keluaran (Wilkins *et al.*, 2009). Uji sensitivitas model dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sensitivitas parameter, variabel dan hubungan antar variabel dalam model. Proses menjalankan uji sensitivitas dilakukan dengan intervensi pada model yang didasarkan pada kondisi yang mungkin terjadi dimasa yang akan datang. Hasil uji ini ditunjukkan dengan adanya perubahan perilaku atau kinerja model. Melalui hasil uji ini maka model dapat diintervensi pada variabel yang tepat dan mendapatkan hasil yang paling efisien.

Berdasarkan simulasi pada model yang telah dilakukan, maka didapat pola hasil simulasi dari variabel kunci. Agar lebih mudah memahami untuk mengetahui variabel mana yang mempunyai kontribusi secara signifikan terhadap perekonomian dan keberlangsungan tutupan terumbu karang di kawasan wisata selam Tulamben maka dilakukan diuji sensitivitas dari variabel anggaran konservasi, *event* promosi wisata dan pembatasan wisatawan

berdasarkan keahlian wisatawan. Pada analisis sensitifitas model ini dilakukan dengan metode *incremental* dengan jumlah uji 8 setiap variabel.

1) Uji sensitivitas anggaran konservasi

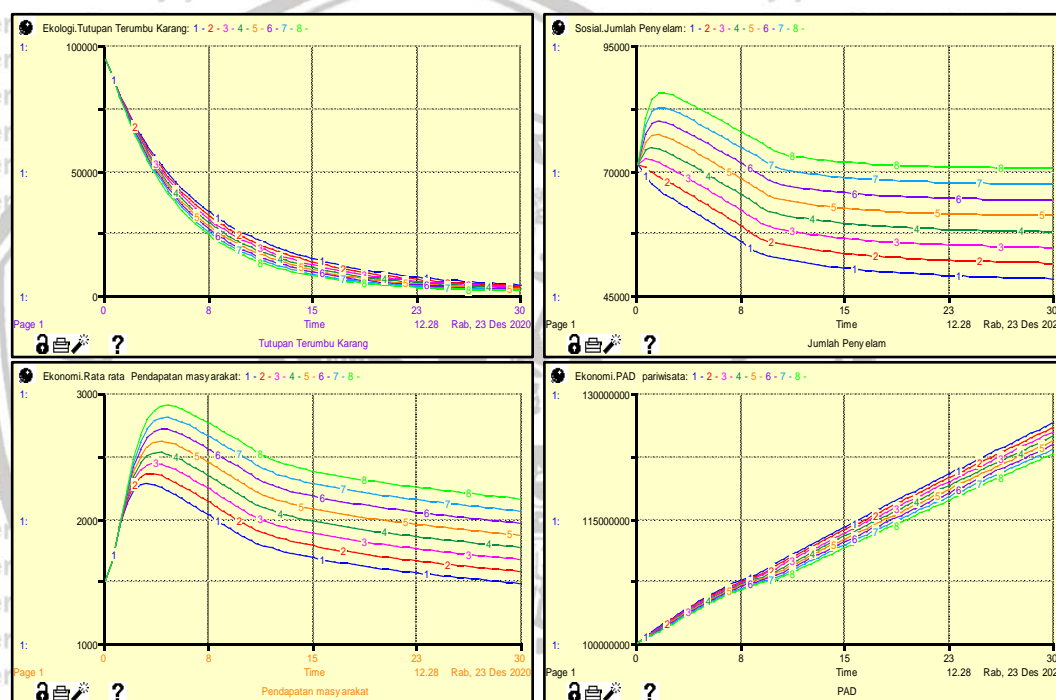
Pada uji sensitivitas anggaran konservasi data yang di gunakan adalah nilai anggaran dari 0 sampai dengan 8.000.000.000. Hasil uji sensitivitas anggaran konservasi menunjukkan perubahan signifikan pada rata-rata tutupan terumbu karang, jumlah wisatawan selama, pendapatan masyarakat dan pendapatan asli daerah (PAD). Hal ini menunjukkan bahwa variabel-variabel tersebut sensitive terhadap perubahan kebijakan anggaran untuk konservasi terumbu karang di kawasan wisata selama Tulamben. Hasil uji sensitivitas anggaran konservasi disajikan pada Gambar 5.61.



Gambar 5.61. Grafik uji sensitivitas anggaran konservasi terhadap tutupan terumbu karang, jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat dan PAD

2) Uji sensitivitas event promosi wisata

Uji sensitivitas event promosi wisata dilakukan dengan membuat delapan simulasi dengan data event promosi wisata dari 1-8, hasil dari pelaksanaan event promosi wisata sangat signifikan pada pendapatan masyarakat dan jumlah wisatawan selam, namun event promosi wisata tidak terlalu berpengaruh terhadap pendapatan asli daerah (PAD) dan tutupan terumbu karang di kawasan wisata selam Tulamben. Hasil uji sensitivitas event promosi wisata disajikan pada Gambar 5.62.



Gambar 5.62. Grafik uji sensitivitas event promosi wisata terhadap tutupan terumbu karang, jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat dan PAD

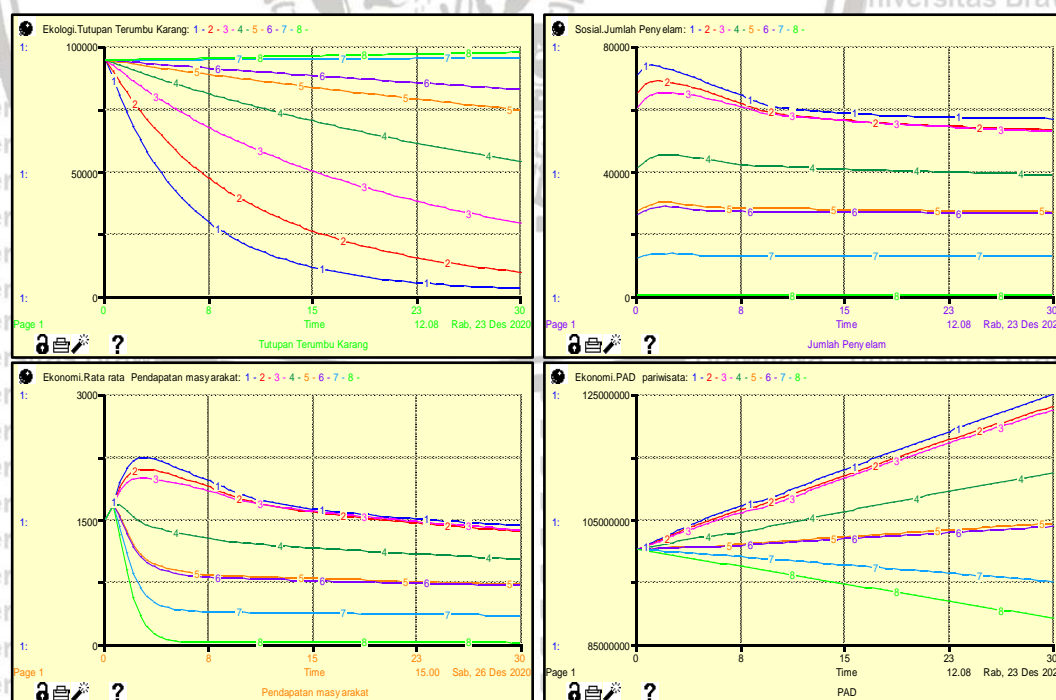
3) Uji sensitivitas pembatasan penyelam

Pada uji sensitivitas ini dicoba dengan memberikan pembatasan dari level 0 sampai level 7. Pembatasan penyelam tersebut berdasarkan keahlian wisatawan penyelam dalam melakukan kegiatan penyelaman. Pembatasan penyelam berdasarkan keahlian wisatawan penyelam disajikan dalam Tabel 5.12.

Tabel 5.12. Pembatasan wisatawan penyelam berdasarkan keahlian

Level Batasan Penyelam	Keterangan
0	Tidak ada larangan menyelam
1	Penyelam tidak bersertifikat
2	Penyelam tidak bersertifikat, tetapi bisa menyelam
3	Penyelam bersertifikat <i>open water scuba diving</i>
4	Penyelam bersertifikat <i>advanced</i>
5	Penyelam bersertifikat <i>rescue scuba diving</i>
6	Penyelam bersertifikat <i>master scuba diving</i>
7	Tidak ada yang di perbolehkan menyelam

Hasil uji sensitivitas menunjukkan bahwa pengaruh variabel pembatasan penyelam berdasarkan keahlian wisatawan sangat signifikan terhadap parameter tutupan terumbu karang, jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat dan pendapatan asli daerah (PAD). Hal ini menunjukkan bahwa variabel-variabel tersebut sensitif terhadap perubahan kebijakan pembatasan wisatawan selam di kawasan wisata selam Tulamben. Hasil uji sensitivitas pembatasan penyelam disajikan pada Gambar 5.63.



Gambar 5.63. Grafik uji sensitivitas pembatasan penyelam terhadap tutupan terumbu karang, jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat dan PAD

5.10. Skenario Model Dinamika Sistem Pengelolaan Wisata Selam

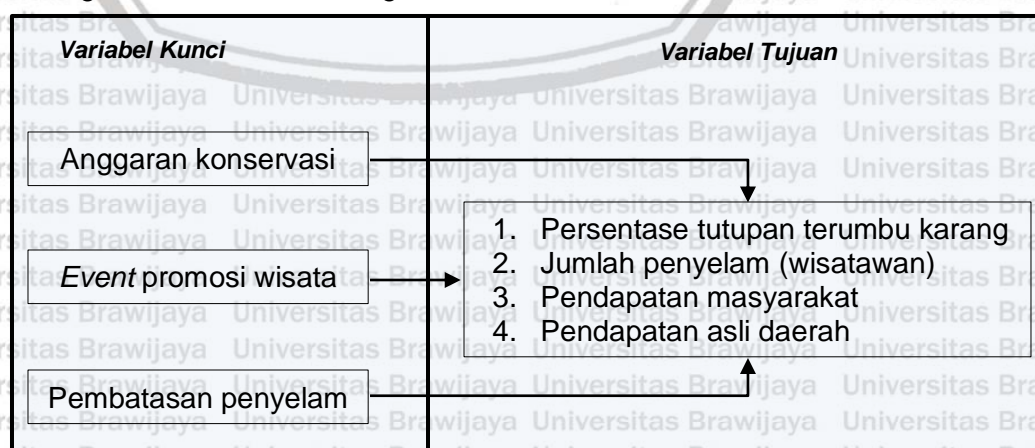
Hasil simulasi secara eksisting menunjukkan degradasi kerusakan lingkungan terutama pada kerusakan terumbu karang. Hal ini tentunya akan berpengaruh pada semua variabel lainnya dimana pada akhirnya akan berdampak pada keberlanjutan wisata selam. Penyusunan skenario pemodelan dinamika sistem pengelolaan wisata selam bertujuan untuk memilih alternatif rencana kebijakan yang memungkinkan ditempuh dalam menyelesaikan masalah yang berpotensi terjadi dikemudian hari berdasarkan kondisi eksisting. Sesuai dengan tujuan penelitian yaitu membangun dan merumuskan model pengelolaan wisata selam berkelanjutan di Perairan Tulamben, setelah dilakukan simulasi eksisting maka keberlanjutan wisata selam berkelanjutan terancam tidak dapat terealisasi dikarenakan kerusakan lingkungan terutama terjadi pada kerusakan terumbu karang dimana terumbu karang merupakan atraksi destinasi wisata selam. Peningkatan jumlah penyelam pemula yang tidak memiliki keterampilan menyelam menjadi salah satu faktor penyebab kerusakan terumbu karang. Pembatasan jumlah penyelam yang berlebih menjadi salah faktor yang dapat menyelamatkan kerusakan lingkungan namun demikian tidak menurunkan perekonomian masyarakat sekitar yang sangat bergantung pada wisata selam Tulamben, sedangkan membiarkan jumlah wisatawan tanpa pembatasan penyelam akan mempercepat kerusakan lingkungan dimana hal ini akan berdampak pada menurunnya jumlah wisatawan karena tempat wisata yang ingin dilihat semakin rusak dan tidak menarik. Skenario-skenario yang dijalankan dalam model ini berusaha mencari *win-win solution* antara kepentingan lingkungan, masyarakat dan pemerintah daerah.

Skenario pemodelan dinamika sistem pengelolaan kawasan wisata selam Tulamben disimulasikan menggunakan variable-variabel kunci yang dianggap berpengaruh secara signifikan terhadap tujuan model. Variable-variabel kunci

tersebut telah dipastikan berpengaruh dengan uji sensitifitas. Berdasarkan hasil uji sensitivitas pada setiap variabel kunci dan kondisi (nilai) aktual yang diperoleh dari analisis basis model pada setiap level (stok). Menurut Suharyo (2017), uji sensitivitas pada dasarnya mengasumsikan kemungkinan yang terjadi didunia nyata dan pilihan kebijakan yang mungkin dilakukan oleh pengambil keputusan.

Berdasarkan hasil uji sensitivitas yang telah dilakukan sebelumnya maka didapat parameter kunci yang berpengaruh dalam model dan merupakan tindak lanjut untuk menentukan skenario. Variabel kunci dalam skenario pemodelan dinamika sistem pengelolaan wisata selama yaitu : anggaran konservasi, jumlah *event* promosi wisata dan pembatasan wisatawan penyelam berdasarkan keahlian wisatawan selama. Menurut Suharyo (2017), Setiap perubahan parameter, dalam hal ini jika dinaikkan atau diturunkan dari nilai parameter skenario dasar, bila terbukti perubahan pada parameter tersebut mengakibatkan perubahan yang nyata dan signifikan pada parameter utama, maka parameter-parameter tersebut akan dianggap sebagai parameter kunci (*key variable*).

Variabel kunci dalam skenario pemodelan dinamika sistem pengelolaan wisata selama yaitu : anggaran konservasi, jumlah *event* promosi wisata dan pembatasan wisatawan penyelam akan berpengaruh pada variabel tujuan dalam masing-masing submodel sesuai dengan Gambar 5.64.



Gambar 5.64. Pengaruh variabel kunci terhadap variabel tujuan

Beberapa variabel tujuan dalam submodel yang berpengaruh terhadap keberlanjutan pengelolaan wisata selam, yaitu :

1. *Submodel ekologi*. Terdapat 1 (satu) variabel tujuan yang mempengaruhi pengelolaan wisata selam yaitu tutupan terumbu karang. Variabel tersebut terkait langsung dengan daya tarik wisata selam, sehingga perubahan dalam luasannya akan berdampak pada kualitas obyek wisata selam dan jumlah wisatawan selam. Laju penurunan sumberdaya alam meningkat dan tidak adanya upaya konservasi, diproyeksikan obyek wisata terumbu karang akan mengalami kerusakan yang cukup parah. Penurunan ini secara langsung akan mempengaruhi nilai dari level yang lain, seperti populasi turis, ekonomi masyarakat, maupun tenaga kerja (Yudasmaru, 2010).
2. *Submodel ekonomi*. Terdapat (dua) variabel tujuan dalam submodel ekonomi yaitu pendapatan masyarakat dari kegiatan wisata selam dan pendapatan asli (PAD). Berdasarkan hasil analisis menunjukkan *trend* peningkatan kunjungan wisatawan selam ke kawasan wisata selam Tulamben menyebabkan peningkatan ekonomi masyarakat dan PAD. Namun, sebaliknya peningkatan tersebut dalam jangka panjang dapat menurunkan kualitas wisata selam Tulamben.
3. *Submodel sosial*. Terdapat 1 (satu) variabel tujuan yakni jumlah wisatawan penyelam. Peningkatan jumlah wisatawan penyelam tentu akan berdampak pada ekosistem terumbu karang. Salah satu penyebab kerusakan terumbu karang adalah kemampuan wisatawan selam dalam melakukan kegiatan wisata selam. Sehingga dalam submodel sosial penyelam dilakukan skenario pembatasan wisatawan penyelam berdasarkan keahlian wisatawan yang datang berkunjung. Kegiatan wisata laut yang menyebabkan kerusakan terumbu karang yaitu *scuba diving*, *snorkeling*, memancing dan perjalanan kapal pesiar. Penyebab kerusakan terumbu karang paling besar adalah

snorkeling (Rahayu *et al.*, 2014). Penyelam memiliki dampak besar terhadap terumbu karang, terutama penyelam fotografi yang menggunakan peralatan dan sarung tangan (Talge, 1990; Rouphael dan Inglis, 2001).

5.10.1. Skenario Anggaran Konservasi

Anggaran konservasi untuk rehabilitasi terumbu karang di kawasan wisata selam Tulamben berasal dari APBD Kabupaten Karangasem. Pada tahun 2019 Pemerintah Daerah Kabupaten Karangasem melalui dana desa mengalokasikan dana sebesar Rp. 42.306.512,00 untuk anggaran konservasi terumbu karang.

Simulasi anggaran konservasi dilakukan dengan merubah alokasi anggaran konservasi secara berjenjang. Simulasi skenario anggaran konservasi pada dasarnya dilakukan dengan penambahan alokasi anggaran konservasi dari 0- 2 milyar dengan kelipatan 100 juta (Lampiran 11). Pada hasil simulasi skenario anggaran konservasi diatas 1 milyar sudah tidak berdampak signifikan pada variabel tujuan terutama penambahan tutupan terumbu karang, dikarenakan penambahan anggaran tidak mungkin direalisasikan karena keterbatasan dana yang dimiliki pemerintah daerah dari pendapatan wisata selam Tulamben). Hasil simulasi tersebut kemudian diambil 3 simulasi skenario yang berpengaruh signifikan pada anggaran konservasi yaitu 100 juta (skenario pesimis), 500 juta (skenario moderat) dan 1 milyar (skenario optimis).

Pada skenario anggaran konservasi ini, Pemerintah Kabupaten Karangasem mengalokasikan anggaran konservasi sekitar 42 juta (skenario *eksisting*) untuk rehabilitasi terumbu karang melalui kegiatan pembuatan terumbu karang buatan dan transplantasi terumbu karang. Pada penelitian ini, skenario anggaran konservasi dinaikkan menjadi 100 juta (skenario pesimis), 500 juta (skenario moderat) dan 1 milyar (skenario optimis). Simulasi skenario anggaran konservasi secara lengkap disajikan dalam Tabel 5.13.

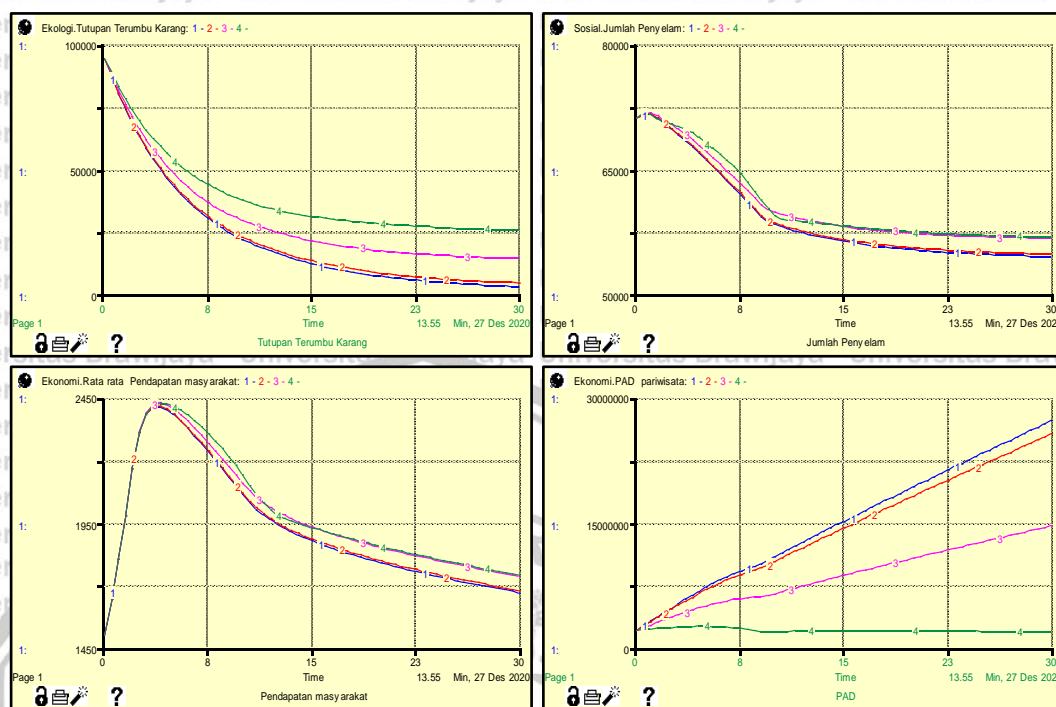
Tabel 5.13. Simulasi skenario anggaran konservasi

Skenario	Nilai Variabel		
	Anggaran Konservasi	Jumlah Event Promosi	Pembatasan Penyelam
<i>Eksisting</i>	42.000.000	3	0
Konservasi 1 (pesimis)	100.000.000	3	0
Konservasi 2 (moderat)	500.000.000	3	0
Konservasi 3 (optimis)	1.000.000.000	3	0

Hasil simulasi skenario anggaran konservasi menunjukkan pada ke- 3 (tiga) skenario berpengaruh pada variabel tujuan yaitu tutupan terumbu karang, jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat dan PAD. Hasil simulasi ke-3 (tiga) skenario terhadap kondisi *eksisting* memperlihatkan bahwa penambahan alokasi anggaran berpengaruh positif terhadap tutupan terumbu karang, jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat, namun pada PAD terjadi penurunan, hal ini disebabkan karena jika semakin besar alokasi anggaran konservasi maka PAD akan semakin menurun, meskipun pendapatan dari wisatawan meningkat. Berdasarkan hasil simulasi skenario anggaran konservasi yang ideal yaitu pada skenario moderat dengan anggaran 500 juta. Pada skenario optimis dari 3 variabel tujuan menunjukkan peningkatan, namun pada variabel PAD menunjukkan penurunan yang sangat signifikan hal ini disebabkan pada skenario optimis dengan anggaran konservasi sebesar 1 milyar akan membuat belanja daerah lebih besar dari pendapatan (terkait dengan wisata selam Tulamben) sehingga berpotensi minus.

Berdasarkan hasil tersebut diatas maka direkomendasikan untuk simulasi kombinasi yaitu simulasi skenario moderat dengan alokasi anggaran sebesar 500 juta. Dengan catatan akan diuji ulang pada saat skenario kombinasi dengan

melihat hasil optimal dari 500 juta - 800 juta. Hasil simulasi skenario anggaran konservasi disajikan pada Gambar 5.65.



Gambar 5.65. Grafik simulasi skenario anggaran konservasi

5.10.2. Skenario *Event* Promosi Wisata

Simulasi skenario *event* promosi wisata dilakukan dengan meningkatkan jumlah *event* promosi wisata selama Tulamben. Simulasi skenario *event* promosi wisata pada dasarnya dilakukan dengan jumlah meningkatkan jumlah *event* promosi wisata dari 0- 12 *event* dengan kelipatan 2 (Lampiran 12). Hasil simulasi tersebut kemudian diambil 3 simulasi skenario yang berpengaruh signifikan pada *event* promosi wisata yaitu 0 *event* (skenario pesimis), 6 *event* (skenario moderat) dan 12 *event* (skenario optimis).

Pada skenario jumlah *event* promosi wisata ini, simulasi skenario disusun sesuai dengan kondisi *eksisting* yaitu 3 *event* promosi wisata, simulasi skenario 0 *event* promosi wisata (skenario pesimis), simulasi skenario 6 *event* promosi wisata (skenario moderat), simulasi skenario 12 *event* promosi wisata (skenario

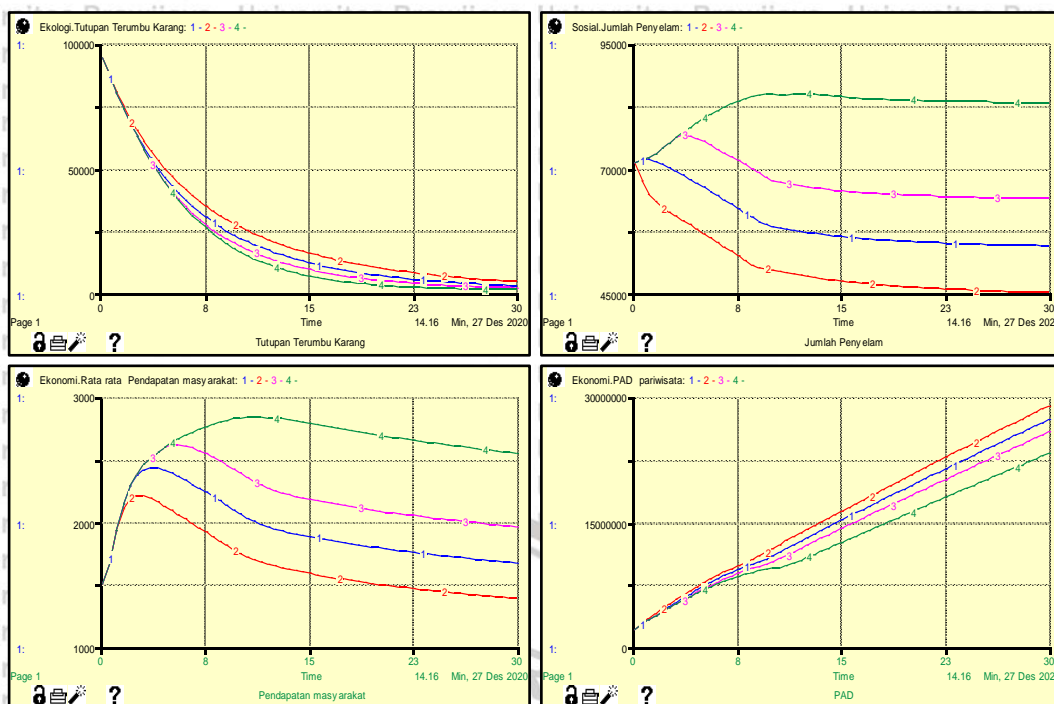
optimis). Simulasi skenario event promosi wisata secara lengkap disajikan dalam

Tabel 5.14.

Tabel 5.14. Simulasi skenario event promosi wisata

Skenario	Nilai Variabel		
	Anggaran Konservasi	Jumlah Event Promosi	Pembatasan Penyelam
<i>Eksisting</i>	42.000.000	3	0
Jumlah event 1 (pesimis)	42.000.000	0	0
Jumlah event 2 (moderat)	42.000.000	6	0
Jumlah event 3 (optimis)	42.000.000	12	0

Hasil simulasi skenario event promosi wisata menunjukkan pada ke-3 (tiga) skenario berpengaruh terhadap variabel tujuan yaitu tutupan terumbu karang, jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat dan PAD. Pengaruh simulasi ke-3 skenario terhadap kondisi *eksisting* memperlihatkan bahwa semakin banyak jumlah event promosi wisata semakin berdampak positif terhadap jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat dan PAD, namun dengan semakin banyak jumlah event promosi wisata akan semakin berdampak negatif pada tutupan terumbu karang, akan tetapi dampak tersebut tidak berpengaruh signifikan. Berdasarkan hasil tersebut, maka direkomendasikan untuk simulasi kombinasi yaitu simulasi skenario optimis dengan jumlah event promosi wisata sebanyak 12 event. Secara detail hasil simulasi skenario jumlah event promosi wisata disajikan pada Gambar 5.66.



Gambar 5.66. Grafik simulasi skenario jumlah event promosi wisata

5.10.3. Skenario Pembatasan Penyelam

Simulasi skenario pembatasan penyelam dilakukan dengan pembatasan jumlah wisatawan penyelam berdasarkan keahlian wisatawan (Tabel 5.12).

Simulasi skenario pembatasan penyelam pada dasarnya dilakukan dengan pemberlakuan kemampuan wisatawan dalam dari level 0-7 (Lampiran 13). Hasil simulasi tersebut kemudian diambil 3 simulasi skenario yang berpengaruh signifikan pada pembatasan penyelam yaitu level 1 (skenario pesimis), level 2 (skenario moderat) dan level 3 (skenario optimis).

Pada skenario pembatasan penyelam ini, simulasi skenario disusun sesuai dengan kondisi *eksisting* yaitu level 0, simulasi skenario level 1 (skenario pesimis), simulasi skenario level 2 (skenario moderat) dan simulasi skenario level 3 (skenario optimis). Simulasi skenario pembatasan penyelam secara lengkap disajikan dalam Tabel 5.15.

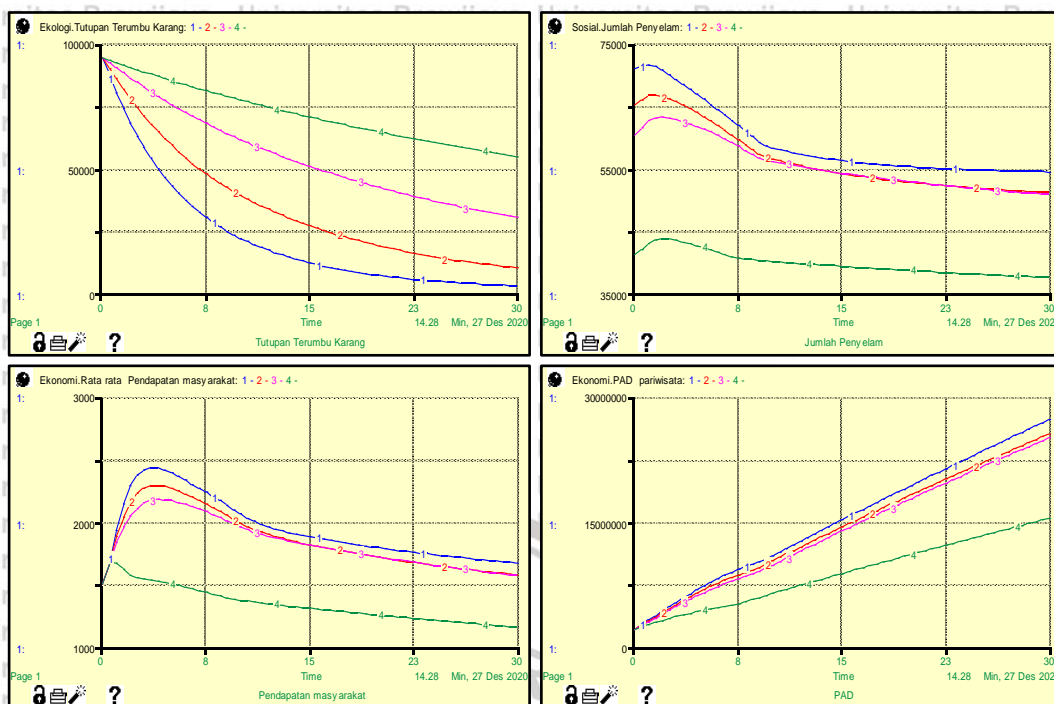
Tabel 5.15. Simulasi skenario pembatasan penyelam

Skenario	Nilai Variabel		
	Anggaran Konservasi	Jumlah Event Promosi	Pembatasan Penyelam
<i>Eksisting</i>	42,000,000	3	0
Pembatasan 1 (pesimis)	42,000,000	3	1
Pembatasan 2 (moderat)	42,000,000	3	2
Pembatasan 3 (optimis)	42,000,000	3	3

Hasil simulasi skenario pembatasan penyelam menunjukkan pada ke-3 (tiga)

skenario berpengaruh pada variabel tujuan yaitu tutupan terumbu karang, jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat dan PAD. Berdasarkan Gambar 5.69, simulasi ke-3 (tiga) skenario berpengaruh terhadap kondisi eksisting.

Pengaruh tersebut memperlihatkan bahwa pembatasan penyelam sampai pada level 3 masih memberikan dampak yang tidak signifikan terhadap jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat dan PAD, namun sangat berpengaruh signifikan dalam menekan kerusakan terumbu karang. Jika menggunakan pembatasan penyelam pada level 4 sangat signifikan pengaruhnya pada jumlah wisatawan penyelam, pendapatan masyarakat dan PAD. Berdasarkan hasil tersebut diatas maka direkomendasikan untuk simulasi kombinasi yaitu simulasi skenario optimis dengan pembatasan penyelam pada level 3. Secara detail hasil simulasi skenario jumlah *event* promosi wisata disajikan pada Gambar 5.67.



Gambar 5.67. Grafik simulasi skenario pembatasan penyelam

5.10.4. Skenario Kombinasi

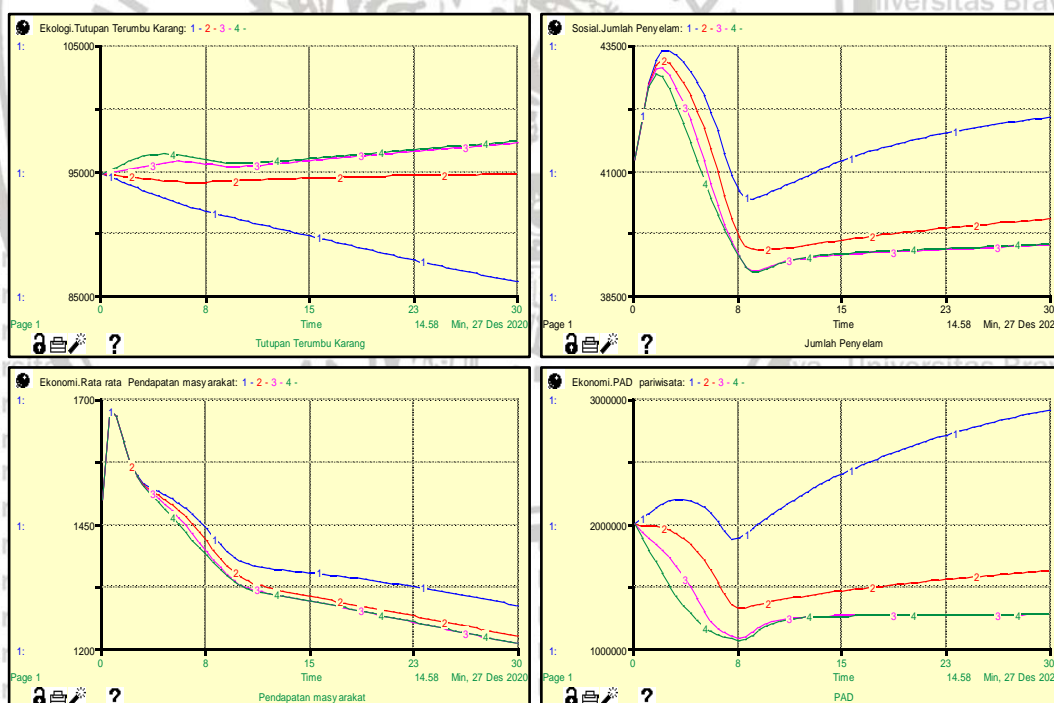
Pemodelan yang didasarkan pada hubungan kausalitas, maka variabel tujuan yang diambil dalam skenario model dinamika sistem pengelolaan wisata selam juga memiliki dampak terhadap variabel-variabel lainnya. Untuk dapat melihat pengaruhnya, maka perlu dilakukan perbandingan antar variabel dengan menyusun skenario kombinasi dari hasil simulasi variabel kunci. Simulasi skenario kombinasi merupakan skenario terpilih dari hasil skenario anggaran konservasi, skenario *event* promosi wisata dan skenario pembatasan penyelam. Simulasi skenario kombinasi disajikan dalam Tabel 5.16.

Tabel 5.16. Simulasi skenario kombinasi

Skenario	Nilai Variabel		
	Anggaran Konservasi	Jumlah Event Promosi	Pembatasan Penyelam
Kombinasi 1	500,000,000-800,000,000	12	3
Kombinasi 2	500,000,000	3-12	3
Kombinasi 3	500,000,000	12	2-3

Skenario Kombinasi 1

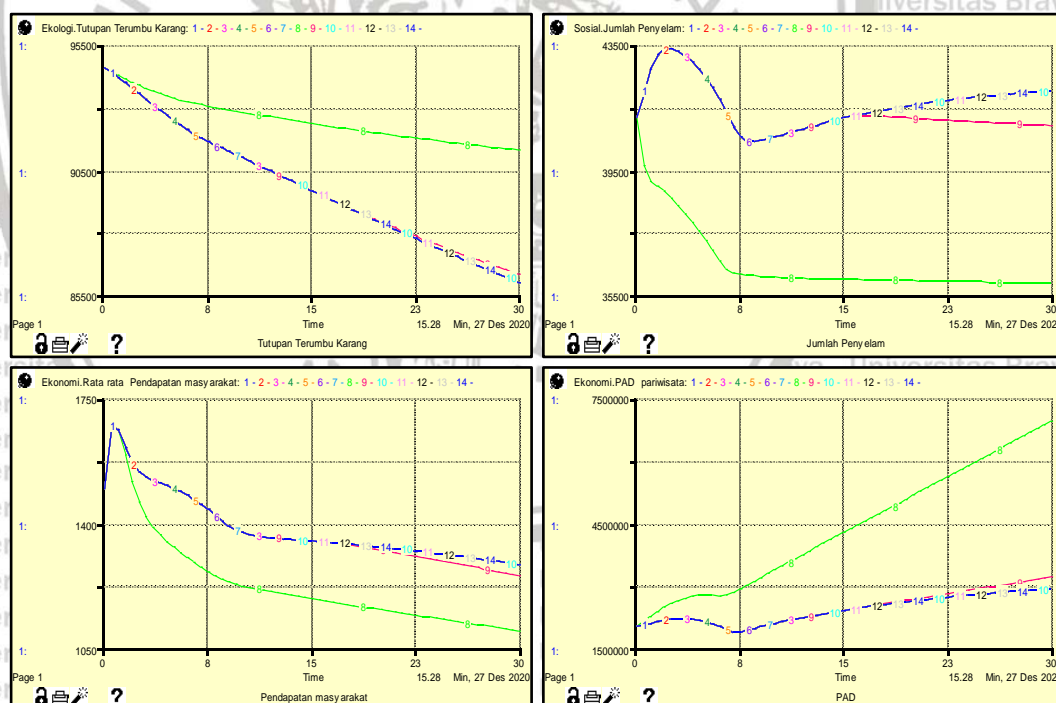
Hasil rekomendasi dari simulasi skenario anggaran konservasi yaitu pada skenario moderat dengan alokasi anggaran konservasi sebesar 500 sampai 800 juta, kemudian dikombinasikan jumlah *event* promosi wisata sebanyak 12 *event* dan pembatasan penyelam pada level 3 dihasilkan skenario terbaik adalah alokasi anggaran konservasi 500 juta. Berdasarkan Gambar 5.68, hasil simulasi skenario dengan alokasi anggaran konservasi 800 juta dengan jumlah *event* promosi wisata 12 dan pembatasan penyelam pada level 3 mengakibatkan nilai PAD menurun, hal ini disebabkan karena dengan jumlah *event* yang tinggi dan penurunan jumlah wisatawan penyelam akibat pembatasan penyelam akan mengurangi ketersediaan anggaran. Secara detail hasil simulasi skenario kombinasi 1 disajikan pada Gambar 5.68.



Gambar 5.68. Grafik simulasi skenario kombinasi 1

Skenario Kombinasi 2

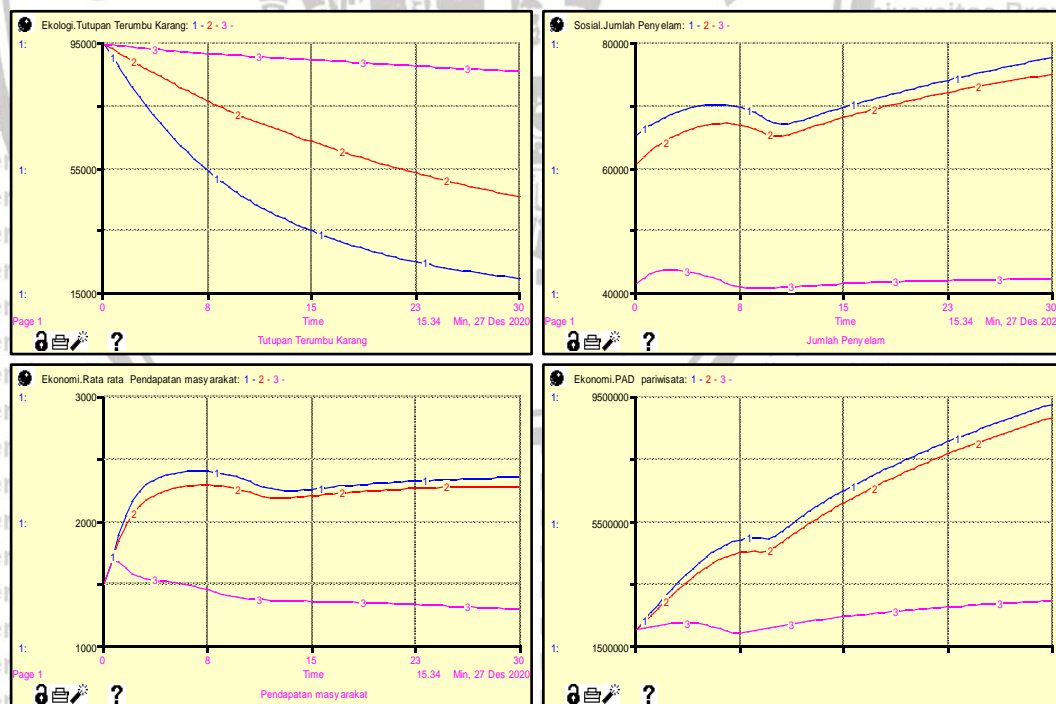
Pada simulasi skenario kombinasi 2 disusun berdasarkan kombinasi jumlah *event* pada hasil simulasi skenario kombinasi 1. Berdasarkan hasil simulasi skenario dengan dasar skenario kombinasi 1, jumlah *event* yang bisa dilaksanakan hanya maksimal 3 *event*, hal ini disebabkan karena anggaran akan habis untuk konservasi sedangkan pendapatan masyarakat menurun karena jumlah pengunjung yang berkurang signifikan. Berdasarkan hasil tersebut diatas, *event* promosi wisata tetap dipertahankan pada 12 *event* dengan merubah pembatasan penyelam, hal ini akan berpengaruh ketika menurunkan level pembatasan penyelam, PAD akan naik sehingga jumlah *event* tetap bisa dilaksanakan sejumlah 12 *event* dalam setahun. Secara detail hasil simulasi skenario kombinasi 2 disajikan pada Gambar 5.69.



Gambar 5.69. Grafik simulasi skenario kombinasi 2

Skenario Kombinasi 3

Simulasi skenario kombinasi 3 disusun berdasarkan hasil kombinasi 2 dengan merubah pembatasan penyelam sesuai hasil skenario pembatasan penyelam (pembatasan level 1 sampai maksimal pembatasan level 3). Dari hasil simulasi skenario kombinasi 3 didapatkan bahwa skenario terbaik adalah pembatasan penyelam pada level 2, dimana pada skenario ini pendapatan masyarakat dan PAD meningkat, sedangkan jumlah wisatawan penyelam berkurang namun tidak signifikan. Jumlah *event* yang bisa terlaksana bisa tetap dipertahankan antara 10-12 *event* setiap tahun karena anggaran tersedia walaupun dampak terhadap terumbu karang tidak sebaik pembatasan penyelam pada level 3. Pembatasan penyelam pada level 3 sangat berdampak pada pendapatan masyarakat dan PAD. Secara detail hasil simulasi kondisi *eksisting* skenario kombinasi 3 disajikan pada Gambar 5.70.

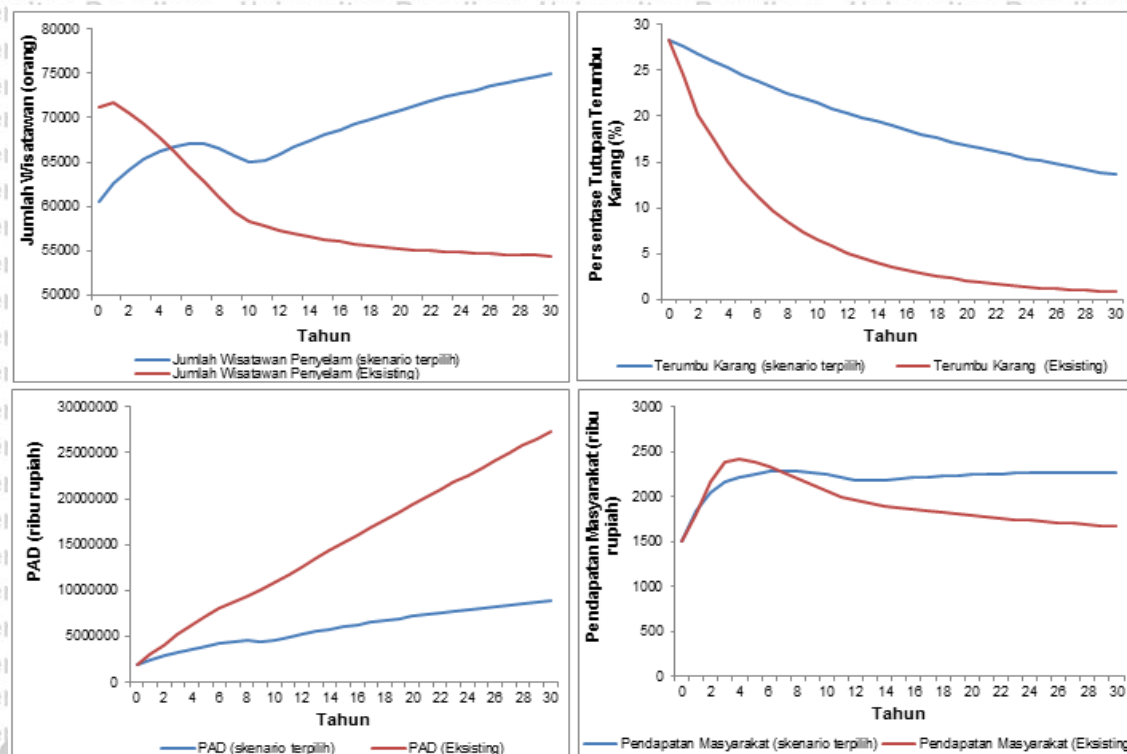


Gambar 5.70. Grafik simulasi skenario kombinasi 3

5.10.5. Simulasi Skenario Pengelolaan Wisata Selam.

Pemodelan dinamika sistem pengelolaan wisata selam berkelanjutan di kawasan Tulamben didasarkan pada hubungan kausalitas, kebijakan yang diambil dalam skenario model dinamika sistem pengelolaan wisata selam berkelanjutan kawasan Tulamben memiliki dampak terhadap variabel lainnya. Salah satunya adalah dampak kebijakan yang diambil terhadap jumlah wisatawan selam dan terumbu karang.

Berdasarkan Gambar (5.71) merupakan perbandingan kondisi eksisting dan skenario terpilih, terlihat bahwa penerapan kebijakan skenario terpilih memberikan dampak terhadap jumlah wisatawan selam dan persentase tutupan terumbu karang di kawasan wisata selam Tulamben. Pada skenario terpilih memperlihatkan bahwa terjadi peningkatan jumlah wisatawan selam dan persentase tutupan terumbu karang dibandingkan dengan kondisi eksisting dimana terjadi penurunan pada jumlah wisatawan selam dan persentase tutupan terumbu karang. Pada grafik terjadi penurunan persentase tutupan terumbu karang pada skenario terpilih, namun jika dibandingkan dengan kondisi eksisting ada peningkatan sampai pada tahun ke 30. Dalam diagram input-output pemodelan dinamika sistem dijelaskan bahwa jumlah wisatawan selam dan persentase tutupan terumbu karang termasuk dalam faktor yang dapat dikendalikan, sehingga kedua variabel tersebut dapat diintervensi dengan pembatasan jumlah penyelam dan transplantasi terumbu karang.



Gambar 5.71. Hasil perbandingan antara persentase tutupan terumbu, jumlah wisatawan selam, PAD dan pendapatan masyarakat berdasarkan skenario terpilih dan kondisi eksisting.

Secara umum dampak dari simulasi skenario terpilih (kombinasi 3) ini adalah adanya penurunan jumlah kunjungan wisatawan selam, akan tetapi penurunan jumlah wisatawan selam ini tidak signifikan. Secara ekonomi, penurunan jumlah kunjungan wisatawan selam akan berdampak pada pendapatan masyarakat khususnya pada pemandu selam (*dive guide*) dan buruh porter serta akan berdampak pada PAD Kabupaten Karangasem yang akan menurun karena jumlah wisatawan yang berkurang. Menurunnya jumlah wisatawan selam disebabkan karena pemberlakuan pembatasan penyelam pada level 2 yaitu penyelam yang tidak bersertifikat akan tetapi bisa menyelam diperbolehkan melakukan kegiatan wisata selam. Guna meningkatkan wisatawan selam sebagai dampak pembatasan penyelam pada level 2 ini dapat dilakukan dengan menerbitkan kebijakan bagi pengelola wisata selam untuk menerapkan *short*

course bagi wisatawan untuk mengikuti sertifikasi selam sehingga para wisatawan memiliki sertifikat selam dan dapat melakukan kegiatan wisata selam di Tulamben sesuai prosedur penyelaman.

5.11. Kebaruan (*Novelty*) Penelitian

Penelitian ini menghasilkan simulasi skenario pengelolaan wisata selam Tulamben yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pengambilan kebijakan pengembangan wisata selam Tulamben secara terpadu dan berkelanjutan. Secara detail, kebaruan (*novelty*) yang disajikan dalam penelitian ini meliputi aspek pendekatan penelitian dan hasil penelitian sebagai berikut :

1. Pendekatan Penelitian

Analisis yang digunakan pada penelitian ini merupakan analisis yang komprehensif dengan menggabungkan metode Analisis kesesuaian wisata dan daya dukung wisata, analisis keberlanjutan (*sustainability*) yang kemudian diintegrasikan dalam dinamika sistem untuk menghasilkan model pengelolaan wisata selam yang berkelanjutan.

2. Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan model dinamika sistem pengelolaan wisata selam Tulamben berdasarkan pada konsep keberlanjutan (*sustainability*) yang dapat digunakan sebagai acuan pengambilan kebijakan pengembangan wisata selam Tulamben. Secara lengkap model dinamika sistem pengelolaan wisata selam Tulamben menghasilkan novelty sebagai berikut :

a) Simulasi skenario kombinasi 3 yaitu pembatasan penyelam pada level 2.

Dampak secara ekonomi akibat penurunan wisatawan akan mempengaruhi pendapatan masyarakat dan PAD yang akan menurun namun tidak signifikan, sedangkan jumlah wisatawan penyelam

berkurang namun tidak signifikan. Jumlah *event* yang bisa terlaksana bisa tetap dipertahankan antara 10-12 *event* setiap tahun karena anggaran tersedia walaupun dampak terhadap terumbu karang tidak sebaik pembatasan penyelam pada level 3.

- b) Rekomendasi bagi pengelola wisata selam Tulamben yaitu menerbitkan kebijakan untuk menerapkan *short course* bagi wisatawan untuk mengikuti sertifikasi selam sehingga para wisatawan memiliki sertifikat selam dan dapat melakukan kegiatan wisata selam di Tulamben sesuai prosedur penyelaman.



BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil observasi lapangan didapatkan hasil bahwa kondisi terumbu karang mengalami degradasi. Hal ini diindikasikan dengan persentase tutupan terumbu karang di kawasan wisata selam Tulamben berada pada kondisi buruk yaitu rata-rata 20,16 %. Ikan karang yang ditemukan sebanyak 188 spesies dalam 39 famili dengan kelimpahan total ikan karang sebanyak 6.948 ind /500 m². Indeks keanekaragaman jenis ikan karang termasuk dalam kategori tinggi yaitu 3,978 indeks keseragaman jenis ikan karang termasuk dalam kategori tinggi yaitu 0,759 dan indeks dominansi termasuk dalam kategori rendah yaitu 0,042. Sedangkan klasifikasi mutu perairan kawasan wisata selam Tulamben termasuk dalam mutu kelas II dengan skor -28 sehingga dinyatakan status cemar sedang.
2. Secara umum dari 14 lokasi di kawasan wisata selam Tulamben, 10 lokasi penyelaman termasuk dalam kategori sesuai dan 4 lokasi penyelaman termasuk dalam kategori sesuai bersyarat. Hasil analisis daya dukung kawasan wisata selam Tulamben dari seluruh titik penyelaman yang ada di Tulamben yaitu sebesar 267 orang/hari, sedangkan rata-rata harian pengunjung kawasan wisata selam Tulamben yaitu sebesar 91 orang/hari. Jika dilihat dari pemanfaatan saat ini dan dengan peningkatan kunjungan setiap tahun, maka kemungkinan pemanfaatan wisata selam akan mencapai daya dukung sampai lebih terutama pada musim puncak liburan (peak season). Hasil analisis indeks keberlanjutan menunjukkan bahwa tingkat keberlanjutan pengelolaan wisata selam Tulamben berada pada status sangat berkelanjutan pada dimensi Ekonomi, Sosial-Budaya serta

Infrastruktur dan Teknologi, sedangkan pada dimensi ekologi dan dimensi hukum dan kelembagaan menunjukkan status cukup berkelanjutan. Hasil analisis *leverage* menunjukkan bahwa peningkatan status keberlanjutan dapat dilakukan pada dimensi ekologi dan dimensi hukum dan kelembagaan. Hasil analisis keberlanjutan menggunakan metode *Rapfish* tidak mencerminkan keberlanjutan dalam jangka panjang, sehingga dilakukan simulasi keberlanjutan dengan model dinamika sistem.

3. Berdasarkan hasil simulasi model dinamika sistem pengelolaan wisata selam Tulamben, didapatkan hasil terbaik yaitu pada simulasi skenario kombinasi 3. Pada skenario ini didapatkan bahwa skenario terbaik adalah pembatasan penyelam pada level 2, dimana pada skenario ini jumlah wisatawan penyelam akan berkurang namun tidak signifikan. Dampak secara ekonomi akibat penurunan wisatawan akan mempengaruhi pendapatan masyarakat dan PAD yang akan menurun namun tidak signifikan.
4. Bentuk kebijakan yang diambil adalah menerbitkan kebijakan bagi pengelola wisata selam untuk menerapkan *short course* bagi wisatawan untuk mengikuti sertifikasi selam sehingga para wisatawan memiliki sertifikat selam dan dapat melakukan kegiatan wisata selam di Tulamben sesuai prosedur penyelaman. Meningkatkan peran masyarakat dalam melakukan pengawasan sehingga bisa mengurangi kerusakan ekosistem terumbu karang. Sehingga kebijakan dengan skenario kombinasi 3 yang telah disimulasikan berhasil menjaga keberlanjutan wisata selam selama 30 tahun sesuai dengan hasil simulasi.

6.2. Saran

1. Berdasarkan hasil simulasi skenario model dinamika sistem pengelolaan wisata selam Tulamben, Pemerintah Kabupaten Karangasem perlu untuk mencoba melakukan simulasi skenario kombinasi 3, dimana pada skenario ini dilakukan pembatasan penyelam pada level 2, sehingga pendapatan masyarakat dan PAD meningkat, jumlah wisatawan penyelam akan berkurang namun tidak signifikan. Sebagai antisipasi akibat pembatasan wisatawan penyelam pada level 2, maka disarankan kepada pemerintah untuk menerbitkan kebijakan bagi pengelola wisata selam guna menerapkan *short course* bagi wisatawan untuk mengikuti sertifikasi selam sehingga para wisatawan memiliki sertifikat selam dan dapat melakukan kegiatan wisata selam di Tulamben sesuai prosedur penyelaman.
2. Simulasi model dinamika sistem pada penelitian ini menunjukkan bahwa dalam jangka panjang kebijakan preventif (pengawasan) bagi wisatawan memberikan hasil yang lebih baik terhadap kelestarian kawasan wisata selam dibandingkan dengan kebijakan rehabilitatif dan konservasi.
3. Model dinamika sistem pada penelitian ini dibuat untuk menggambarkan hubungan timbal balik antar komponen-komponen sistem secara makro. Untuk lebih meningkatkan reliabilitas model sehingga dapat lebih berguna bagi *stake holders* perlu dilakukan penelitian-penelitian lebih lanjut yang dapat lebih detail mengungkapkan interaksi antar variabel dalam kerangka pemodelan dan simulasi sistem yang diintegrasikan dengan sistem pengambilan keputusan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abernethy, VD. 2001. "Carrying Capacity: The Tradition and Policy Implications of Limits." *Ethics Science and Environmental Politics* 9(18).
- Adrim, Mohammad, Syawaludin Alisyahbana Harahap, and Kunto Wibowo. 2012. "Struktur Komunitas Ikan Karang Di Perairan Kendari." *Ilmu Kelautan* 17(September):154–63.
- Akbar, A. 2013. "Analisis Potensi Dan Daya Dukung Ekologi Kawasan Wisata Pantai Tanjung Kelayang Dan Tanjung Tinggi Untuk Wisata Pantai, Wisata Selam Dan Snorkling Di Kecamatan Sijuk, Kabupaten Belitung." Institut Pertanian Bogor.
- Alegre, J. and J. Garau. 2010. "Tourist Satisfaction and Dissatisfaction." *Annals of Tourism Research* 37(1):52–73.
- Amarullah. 2015. "Model Pengembangan Wilayah Berkelanjutan Di Selat Sebuku, Kabupaten Kotabaru, Kalimantan Selatan." Institut Pertanian Bogor.
- Amerta, I. Made Suniastha. 2017. "Community Based Tourism Development." *International Journal of Social Sciences and Humanities* 1(3):97–107.
- Aminuddin, Muhammad. 2017. "Pemodelan Kebijakan Sistem Jaminan Kesehatan Nasional Dengan Penghampiran Sistem Dinamik." Institut Sepuluh November Surabaya.
- Andini, Septi Ayu and I. Nyoman Sukma Arida. 2019. "Pengelolaan Air Limbah Hotel Dan Pemanfaatannya Dalam Pembangunan Pariwisata Berkelanjutan : Studi Kasus Pada Pengelolaan Air Limbah Lagoon , Itdc , Nusa Dua." *Jurnal Destinasi Pariwisata* 7(2):339–43.
- Andronicus, Fredinan Yulianda, and Achmad Fahrudin. 2016. "Kajian Keberlanjutan Pengelolaan Ekowisata Berbasis Daerah Perlindungan (DPL) Di Pesisir Desa Bahol, Minahasa Utara, Sulawesi Utara." *JEMIS* 4(1):1–10.
- Aneldus, Stefen Yustinus and Made Heny Urmila Dewi. 2020. "Pengaruh Sektor-Sektor Pariwisata Terhadap Pendapatan Asli Daerah Dan Laju Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Manggarai Barat." *E Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana* 9(7):1603–30.
- Arifin, Taslim, Dietrich G. Bengen, and John I. Pariwono. 2002. "Evaluasi Kesesuaian Kawasan Pesisir Teluk Palu Untuk Pengembangan Pariwisata Bahari." *Jurnal Pesisir Dan Lautan* 4(2):25–35.
- Arismiyanti, Ni Ketut. 2017. "Development Strategy of Sustainable Marine Ecotourism in Indonesia." *ASEAN Journal on Hospitality and Tourism* 15(2):118–38.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *STATISTIK Perkembangan Pariwisata Dan Transportasi Nasional*.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Kecamatan Kubu Dalam Angka*. Badan Pusat Statisti Kabupaten Karang Asem.
- Badan Pusat Statistik. 2021. "Kabupaten Karangasem Dalam Angka." in *Kabupaten Karangasem Dalam Angka Tahun 2021*.
- Bali, Dinas kelautan dan Perikanan Provinsi. 2011. "Kajian Cepat Kondisi Kelautan Provinsi Bali 2011." in *Program Kajian Cepat*.
- Barlas, Yaman. 1996. "Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics." Pp. 183–210 in *Formal Aspects of Model Validity and Validation in System Dynamics*. Vol. 12.
- Bato, Marjan, Fredinan Yulianda, and Achmad Fahrudin. 2013. "Kajian Manfaat Kawasan Konservasi Perairan Bagi Pengembangan Ekowisata Bahari:

- Studi Kasus Di Kawasan Konservasi Perairan Nusa Penida , Bali." 2(12):104–13.
- Berhitu, S. Hutabarat, and D. Suprpto. 2016. "Multi Dimension Scale Analysis Approach to Evaluate Sustainability in the Management of Ambon City Coastal Area." *Journal of Oceanography and Marine Research* 4(1):1–12.
- Boumans, R., Robert Costanza, Joshua Farley, Matthew A. Wilson, Rosimeiry Portela, Jan Rotmans, Ferdinando Villa, and Monica Grasso. 2002. "Modeling the Dynamics of the Integrated Earth System and the Value of Global Ecosystem Services Using the GUMBO Model." 41:529–60.
- BPS Kabupaten Karangasem. 2020. "Kabupaten Karangasem Dalam Angka 2020." in *Badan Pusat Statistik Kabupaten Karangasem*.
- Buckley, R. 1999. "An Ecological Perspective on Carrying Capacity." *Annals of Tourism Research* 26:705–8.
- Buckley, R. 2008. "Marine Ecotourism." *Annals of Tourism Research* 35(2):601–3.
- Buja, DF Swayne, Mi Littman, N. Dean, and H. Hofmann. 2004. "Interactive Data Visualization with Multidimensional Scaling Introduction : Basics of Multidimensional Scaling." Pp. 1–32 in.
- Burak, S., E. Doğan, and C. Gazioğlu. 2004. "Impact of Urbanization and Tourism on Coastal Environment." *Ocean and Coastal Management* 47(9–10):515–27.
- Burke, Lauretta, Mark Spalding, Kathleen Reytar, and Allison Perry. 2012. *Menengok Kembali Terumbu Karang Yang Terancam Di Segitiga Terumbu Karang*. 1st ed. edited by W. Suroso. World Resources Institute. Scientific Report. Amerika Serikat.
- Butler, RW. 1980. "The Concept of a Tourist Area Cycle of Evolutions: Implications for Management of Resources." *The Canadian Geographer* 24(1):5–12.
- Casagrandi, R. and S. Rinaldi. 2002. "A Theoretical Approach to Tourism Sustainability." *Ecology and Society* 6(1).
- Chang, Y. C., F. W. Hong, and M. T. Lee. 2008. "A System Dynamic Based DSS for Sustainable Coral Reef Management in Kenting Coastal Zone, Taiwan." *Ecological Modelling* 211(1–2):153–68.
- Clenney, TL and LF Lassen. 1996. "Recreational Scuba Diving Injuries." *Am Fam Physician* 53(5).
- Daellenbach, Hans G. and Donald C. McNickle. 2005. *Management Science : Decision Making Through Systems Thinking*. New Zealand: Houndmills, Basingstoke, Hampshire: Plagrave Macmillan.
- Damai, AA. 2003. "Pendekatan Sistem Untuk Penataan Ruang Wilayah Pesisir Kota Bandar Lampung." Institut Pertanian Bogor.
- Darsana, IW, I. M. Sendra, IM Adikampana, and IGA OKA Mahagangga. 2017. "Model Pengelolaan Wisata Bahari Berkelanjutan Di Pulau Nusa Penida, Kecamatan Nusa Penida Kabupaten Klungkung, Bali." *Jurnal Analisis Pariwisata* 17(1):10–16.
- Dartnall, AJ and M. Jones. 1986. *A Manual of Survey Methods : Living Resources in Coastal Areas*. Townsville, Australia: Australian Institute of Marine Science.
- Davis, D. and C. Tisdell. 1995. "Recreational Scuba-Diving and Carrying Capacity in Marine Protected Areas." *Ocean and Coastal Management* 26(1):19–40.
- Davis, Derrin and Clem Tisdell. 1996. "Economic Management of Recreational

- Scuba Diving and the Environment.” 48(February 1994):229–48.
- Devantier, Lyndon and Emre Turak. 2004. *Managing Tourism in Bunaken National Park and Adjacent Waters, North Sulawesi, Indonesia*.
- Dicker, Katherine A. 2015. “Sustainable Scuba Diving: Exploring Conscious Underwater Impact as Influenced by Perception in Puerto Galeria, Philippines and Tulamben, Bali, Indonesia.” San Francisco State.
- Dinas Pariwisata Provinsi Bali. 2015. “Perkembangan Jumlah Kunjungan Wisatawan Pada Daya Tarik Wisata Di Bali Tahun 2003 S/D 2014.”
- Djou, Alfonsius Josef Gadi. 2013. “Pengembangan 24 Destinasi Wisata Bahari Kabupaten Ende.” *Kawistara* 3(1).
- Elyazar, Nita, M. ... Mahendra, and I. Nyoman Wardi. 2007. “Dampak Aktivitas Masyarakat Terhadap Tingkat Pencemaran Air Laut Di Pantai Kuta Kabupaten Badung Serta Upaya Pelestarian Lingkungan.” *ECOTROPIC* 2(1):1–18.
- English, Susan Anne, Clive Wilkinson, and V. Baker. 1997. *Survey Manual For Tropical Marine Resources 2nd Edition*. 2nd ed. Townsville, Australia: Australian Institute of Marine Science.
- Eridiana, W. 2008. “Sarana Akomodasi Sebagai Penunjang Kepariwisata Di Jawa Barat Oleh : Wahyu Eridiana.” *Jurnal Geografi GEA* 8(1):1–10.
- Eriyatno. 2003. *Ilmu Sistem; Meningkatkan Mutu Dan Efektifitas Manajemen*. Bogor-Indonesia: IPB Press.
- Estradivari, Edi Setyawan, and Safran Yusri. 2009. *Terumbu Karang Jakarta*.
- Faiqoh, Elok, I. Wayan Gede, Astawa Karang, and Dwi Budi Wiyanto. 2019. “Dampak Pemutihan Karang Keras Pada Komunitas Ikan Karang Dan Makrozoobenthos Di Wilayah Perairan Tejakula , Buleleng , Bali.” *Rekayasa Journal of Science and Technology* 12(1):24–29.
- Fauzi, A. and S. Anna. 2002. “Evaluasi Status Keberlanjutan Pembangunan Perikanan: Aplikasi Pendekatan Rappfish.” *Analisis Kebijakan Pengembangan Perikanan Wilayah Pesisir Dan Laut* 4(3).
- Febrian, Mohamad Gamma Rizaldy and Ida Bagus Suryawan. 2019. “Studi Daya Dukung Fisik Wisata Bahari Usat Liberty Wreck Di Desa Tulamben Bali.” *Jurnal Destinasi Wisata* 7(1):163–67.
- Fishelson, L. 1995. “Elat (Gulf of Aqaba) Littoral: Life on the Red Line of Biodegradation.” *Israel Journal of Zoology* 41(1):43–55.
- Fitrianti, Riana Sri, Moh Mukhlis Kamal, and Rahmat Kurnia. 2014. “Sustainability Analysis of Flying Fish Fisheries in Takalar , South Sulawesi.” *Jurnal Ilmu Perairan, Pesisir Dan Perikanan* 3(2):118–27.
- Forrester, JW. 1994. “System Dynamic, System Thinking and Soft OR.” 10(January):245–56.
- Fransisca, Alex. 2011. “Tingkat Pencemaran Perairan Di Tinjau Dari Pemanfaatan Ruang Di Wilayah Pesisir Kota Cilegon.” *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota* 22(2):145–60.
- Gerald, Allen, Steene Roger, Humann Paul, and Deloach Ned. 2003. “Reef Fish Identification Tropical Pacific (Gerald Allen, Roger Steene, Paul Humann, Ned Deloach, 2003).Pdf.” 1–457.
- Getz, D. 1982. “A Rationale and Methodology for Assessing Capacity to Absorb Tourism.” *Ontario Geography* 19(17):92–102.
- Giyanto, Muhammad Abrar, Tri Aryono Hadi, Agus Budiyo, Muhammad Hafiz, Abdullah Salatalohy, and Marindah Yulia Iswari. 2017. *Status Terumbu Karang Indonesia 2017*. edited by Suharsono. Jakarta: COREMAP-CTI, Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI.

- Gomez, ED and HT Yap. 1988. *Monitoring Reef Condition*. UNESCO Regional Office for Science and Technology for South East Asia. Jakarta.
- Hall, CM. 2001. "Trends in Ocean and Coastal Tourism: The End of the Last Frontier?" *Ocean and Coastal Management* 44(9-10):601-18.
- Haroen, AH. 2011. "Analisis Kebijakan Pengembangan Pariwisata Yang Berkelanjutan Di Kawasan Pesisir Barat Kabupaten Serang Provinsi Banten." Institut Pertanian Bogor.
- Harriott, VJ., D. Davis, and SA. Banks. 1997. "Recreational Diving and Its Impact in Marine Protected Areas in Eastern Australia." *Ambio* 26(3):173-79.
- Hesna, Yervi, Akhmad Suraji, Bambang Istijono, Benny Hidayat, and Taufika Ophyandri. 2016. "Kajian Kapasitas Infrastruktur : Suatu Upaya Peningkatan Pariwisata Sumatera Barat." in *Simposium I Jaringan Perguruan Tinggi untuk Pembangunan Infrastruktur Indonesia*.
- Hidayah, A., Sunarti, and L. Hakim. 2017. "Potensi Dan Pengembangan Objek Wisata Bahari Tulamben, Kabupaten Karangasem, Bali." *Jurnal Administrasi Bisnis* 50(2):93-98.
- Hidayah, Z. 2017. "Pemodelan Dinamika Sistem Dengan Pendekatan Permainan (Dinamic Game Model) Untuk Tata Kelola Wilayah Pesisir : Studi Kasus Selat Madura." Institut Teknologi Sepuluh November.
- Hoegh-guldberg, Ove. 1999. "Marine Freshwater Research &." *Marine Freshwater Research* 50:839-66.
- Hunger, JD and TL Wheleen. 2003. *Manajemen Strategis*. Yogyakarta.: Andi.
- Hutabarat, A. A., F. Yulianda, A. Fahrudin, and Kusharjani. 2009. *Pengelolaan Pesisir Dan Laut Secara Terpadu*. Bogor-Indonesia.
- Hutomo, Malikusworu. 1991. "Teknologi Terumbu Buatan : Suatu Upaya Untuk Meningkatkan Sumberdaya Hayati Laut." *Oseana* XVI(1):23-33.
- Indah, L. and B. Wirjodirdjo. 2012. "Analisis Kesejahteraan Pelaku Industri Pengolahan Ikan Pada Komunitas Klaster Masyarakat Nelayan Pesisir : Sebuah Pendekatan Dinamika Sistem."
- Ioannides, D. 1995. "A Flawed Implementation of Sustainable Tourism: The Experience of Akamas, Cyprus." *Tourism Management* 16(8):583-92.
- Ismayanti. 2010. *Pengantar Pariwisata*. PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Jaffe, Eugene and Hanoch Pasternak. 2004. "Developing Wine Trails as a Tourist Attraction in Israel." *International Journal of Tourism Research* 6:237-49.
- Jurado, E. Navarro, M. Tejada Tejada, F. Almeida García, J. Cabello González, R. Cortés Macías, J. Delgado Peña, F. Fernández Gutiérrez, G. Gutiérrez Fernández, M. Luque Gallego, G. Málvarez García, O. Marcenaro Gutiérrez, F. Navas Concha, F. Ruiz De, J. Ruiz Sinoga, and F. Solís Becerra. 2012. "Carrying Capacity Assessment for Tourist Destinations . Methodology for the Creation of Synthetic Indicators Applied in a Coastal Area." *Tourism Management* 33(6):1337-46.
- Kavanagh, P. and TJ Pitcher. 2004. *Implementing Microsoft Excel Software For Rapfish: A Technique For The Rapid Appraisal of Fisheries Status*. Vol. 12. Canada: Fisheries Centre Research Reports-University of British Columbia.
- Kemenparekraf. 2020. "Laporan Kinerja Kementerian Pariwisata Tahun 2019."
- Kementerian Lingkungan Hidup RI. 2004. "Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut." *Kementerian Lingkungan Hidup RI*.
- Kövári, István and Krisztina Zimányi. 2011. "Safety and Security in the Age of Global (The Changing Role and Conception of Safety and Security in Tourism)." *Safety and Security in the Age of Global Tourism* 5(3-4).

- Kristiningrum, Ellia and Febrian Isharyadi. 2018. "The Fulfillment of Diving Recreational Tourism Management Standard." *Jurnal Standardisasi* 20(1):33–48.
- Kuiter, Rudie H. and Takamasa Tonozuka. 2001. *Pictorial Guide To : Indonesian Reef Fishes*. Part 1. Australia.
- Kuiter, Rudie H. and Takamasa Tonozuka. 2012a. *Pictorial Guide To : Indonesian Reef Fishes*. Part 2. Australia.
- Kuiter, Rudie H. and Takamasa Tonozuka. 2012b. *Pictorial Guide To : Indonesian Reef Fishes*. Australia.
- Kusumastuti, Arni. 2004. "Kajian Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Terumbu Karang Di Perairan Bontang Kuala Dan Alternatif Penanggulangannya." Universitas Diponegoro, Semarang.
- Laapo, A. 2010. "Optimasi Pengelolaan Ekowisata Pulau-Pulau Kecil (Kasus Gugus Pulau Togean Taman Nasional Kepulauan Togean)." Institut Pertanian Bogor.
- Labrosse, P., M. Kulbicki, and J. Ferraris. 2002. *Underwater Visual Fish Census Surveys*. Noumea, New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community.
- Lasari, Ni Nengah Desi. 2016. "Kontribusi Pajak Daerah Dan Retribusi Daerah Terhadap Pendapatan Asli Daerah (PAD) Kabupaten Karangasem Tahun 2011-2015." *Jurnal Program Studi Pendidikan Ekonomi* 8(3):1–10.
- Lenzen, M. and SA Murray. 2003. "The Ecological Footprint – Issues and Trends." Pp. 1–27 in. Sydney Australia: The University of Sydney Australia.
- Machado, Fernando S. and Susana Mourato. 2002. "Evaluating the Multiple Bene ® Ts of Marine Water Quality Improvements : How Important Are Health Risk Reductions ?" *Journal of Environmental Management* 65:239–50.
- Mahida, Masmian, Hermawan Kusumartono, and Galih Primanda Permana. 2019. "Multidimensional Scaling Approach to Assess Sustainability Status of Lake Maninjau." *Jurnal Sosial Ekonomi Pekerjaan Umum* 11(1):29–43.
- Ministry of Tourism and Sports, Thailand. 2018. "Tourism Statistics Thailand 2000-2018." *Ministry of Tourism and Sports, Thailand*.
- Mola, Farzaneh, Fatemeh Shafaei, and Badaruddin Mohamed. 2012. "Tourism and the Environment : Issues of Concern and Sustainability of Southern Part of the Caspian Sea Coastal Areas." *Journal of Sustainable Development* 5(3):2–15.
- Muchlisin, Cholis. 2015. "Struktur Komunitas Ikan Karang Di Perairan Terdampak Air Bahang PLTU Paiton Probolinggo."
- Mudiastuti, Retnari Dian, Taufik Nur, and Sudirman. 2014. "Strategi Kebijakan Industri Marine Politan Untuk Mendukung Konsep Mamminasata : Model Konseptual Dengan Pendekatan Sistem Dinamik." *JEMIS* 2(2):20–27.
- Muflih, A. 2015. "Pemodelan Dinamik Pengelolaan Kawasan Wisata Pesisir Secara Interspasial (Studi Kasus: Pesisir Tanjung Pasir Dan Pulau Untung Jawa)." Institut Pertanian Bogor.
- Nasir, Muhammad, Muhammad Zuhail, and Maria Ulfah. 2017. "Struktur Komunitas Ikan Karang Di Perairan Pulau Batee Kecamatan Peukan Bada Kabupaten Aceh Besar." *Jurnal Bioleuser* 1(2):76–85.
- O'Reilly, A. M. 1986. "Tourism Carrying Capacity. Concept and Issues." *Tourism Management* 7(4):254–58.
- Odum, E. .. 1993. "Dasar-Dasar Ekologi." P. 696 in. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Panggabean, Anthony Sisco. 2012. "Keanekaragaman Jenis Ikan Karang Dan

- Kondisi Kesehatan Karang Di Pulau Gof Kecil Dan Yep Nabi Kepulauan Raja Ampat." *J. Lit. Perik. Indo* 8(2):109–15.
- Papageorgiou, K. and I. Brotherton. 1999. "A Management Planning Framework Based on Ecological, Perceptual and Economic Carrying Capacity: The Case Study of Vikos-Aoos National Park, Greece." *Journal of Environmental Management* 56(4):271–84.
- Pattiasina, Thomas F., Endang Y. Herawati, Bambang Semedi, Aida Sartimbul, Daniel D. Pelasula, and Markus Krey. 2018. "Detecting and Visualizing Potential Multiple Coral Reef Regimes in Doreri Bay, Manokwari Regency, Indonesia." *AACL Bioflux* 11(1):118–31.
- Pattiasina, Thomas F., Aida Sartimbul, Endang Y. Herawati, Markus Krey, and Fanny F. Simatauw. 2020. "Assessing Functional Diversity and Biomass of Herbivorous Fish as Resilience Indicators of Coral Reef Ecosystems in Doreri Bay, Manokwari Regency, Indonesia." *AACL Bioflux* 13(3):1522–34.
- Pinto, Zulmiro. 2015. "Kajian Perilaku Masyarakat Pesisir Yang Mengakibatkan Kerusakan Lingkungan (Studi Kasus Di Pantai Kuwaru, Desa Poncosari, Kecamatan Srandakan, Kabupaten Bantul, Provinsi DIY)." *JURNAL WILAYAH DAN LINGKUNGAN* 3(3):163–74.
- Pitcher, TJ and D. Preikshot. 2001. "RAPFISH: A Rapid Appraisal Technique to Evaluate the Sustainability Status of ® Sheries." *Fisheries Research* 49:255–70.
- Prafitri, Gita Ratri and Maya Damayanti. 2016. "Kapasitas Kelembagaan Dalam Pengembangan Desa Wisata (Studi Kasus: Desa Wisata Ketenger, Banyumas)." *Jurnal Pengembangan Kota* 4(1):76–86.
- Prashyanusorn, Vacharee, Somkuan Kaviya, and Preecha P. Yupapin. 2010. "Surveillance System for Sustainable Tourism with Safety and Privacy Protection." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 2(1):74–78.
- Pratchett, Morgan S., Michael L. Berumen, and B. G. Kapoor. 2014. *Biology of Butterflyfishes*.
- Pressman, Roger. S. 2001. *The Incremental Model in Software Engineering, A Practitioner's Approach*. McGraw-Hil. New York: Thomas Casson.
- Priatmoko, Setiawan. 2017. "Pengaruh Atraksi, Mediasosial, Dan Infrastruktur Terhadap Keputusan." *Jurnal Khasanah Ilmu* 8(1):72–82.
- Purwaningsih, R., S. Widjaja, and SG Partwi. 2012. "Pengembangan Model Simulasi Kebijakan Pengelolaan Ikan Berkelanjutan." *Jurnal Teknik Industri* 14(1):25–34.
- Puspita, Nur Asni Puspita, I. Dewa Nyoman Nurweda Putra, and I. Gusti Ngurah Putra Dirgayusa. 2016. "Kajian Kesesuaian Wisata Selam Dan Snorkeling Di Perairan Tulamben, Karangasem, Bali." *Journal of Marine and Aquatic Sciences* 7:1–7.
- Rabbany, Md Ghulam, Sharmin Afrin, Airin Rahman, Faijul Islam, and Fazlul Hoque. 2013. "Environmental Effects of Tourism." *American Journal of Environment, Energy and Power Research* 1(7):117–30.
- Raedemaeker, Fien De, Anastasia Miliou, and Rupert Perkins. 2010. "Fish Community Structure on Littoral Rocky Shores in the Eastern Aegean Sea: Effects of Exposure and Substratum." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 90(1):35–44.
- Rahayu, Intan, Khairil Nizam, Mas arif Fatin, and Norhisyam. 2014. "Tourism Sea Activities That Cause Damages Towards Coral Reefs in Sembilan Islands." *Tourism, Leisure and Global Change* 1(April 2013):22–24.
- Rembet, Unstain NJW, Mennofatria Boer, Dietrich G. Bengen, and Achmad

- Fahrudin. 2011. "Status Keberlanjutan Pengelolaan Terumbu Karang Di Pulau Hogow Dan Putus-Putus Sulawesi Utara." *Jurnal Perikanan Dan Kelautan Tropis* VII(3):115–22.
- Ridwan, Nia Naelul Hasanah, Semeidi Husrin, and Gunardi Kusumah. 2013. "USAT Liberty Shipwreck Site in Tulamben, Karang Asem Regency, Bali Is Under Threats." *Varuna* 7:1–12.
- Riniwati, Harsuko, Nuddin Harahab, and Zainal Abidin. 2019. "A Vulnerability Analysis of Coral Reefs in Coastal Ecotourism Areas for Conservation Management." *Diversity* 11(107):1–15.
- Rouphael, Anthony B. and Graeme J. Inglis. 2001. "'Take Only Photographs and Leave Only Footprints'?: An Experimental Study of the Impacts of Underwater Photographers on Coral Reef Dive Sites." *Biological Conservation* 100:281–87.
- Sadelie, A. 2003. "Pemodelan Sistem Dinamik Pengembangan Pariwisata Dalam Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Berkelanjutan." Pp. 1–15 in *Makalah Falsafah sains*. Program Pascasarjana IPB.
- Salm, R. V. 1997. "Coral Reefs and Tourist Carrying Capacity: The Indian Ocean Experience." *Industry and Environment* 9(1):11–14.
- Saveriades, A. 2000. "Establishing the Social Tourism Carrying Capacity for the Tourist Resorts of the East Coast of the Republic of Cyprus." *Tourism Management* 21(2):147–56.
- Setiawan, Fakhri, Tries B. Razak, Idris, and Estradivari. 2013. "Komposisi Spesies Dan Perubahan Komunitas Ikan Karang Di Wilayah Rehabilitasi ECOREEF Pulau Manado Tua, Taman Nasional Bunaken." *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis* 5(2):377–90.
- Setiawan, Kuncoro Teguh, Nanin Anggraini, and Anneke Karinda Sherly Manoppo. 2016. "Estimasi Perhitungan Luas Daerah Di Pulau-Pulau Kecil Menggunakan Data Citra Satelit Landsat 8 Studi Kasus : Pulau Pramuka Kepulauan Seribu DKI Jakarta." Pp. 294–300 in *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*. Vol. 1.
- Spillane. 1987. *Ekonomi Pariwisata Sejarah Dan Prospeknya*. Yogyakarta: Kanisius.
- Stansfield, Jr, CA. 1985. "Tourism : Economic , Physical and Social Impacts Pacific." 1984–85.
- Steyvers, M. 2001. "Multidimensional Scaling. Encyclopedia of Cognitive Science." *Encyclopedia of Cognitive Science* 1–5.
- Suastika, I. Gede Yoga and I. Nyoman mahaendra Yasa. 2017. "Pengaruh Jumlah Kunjungan Wisatawan, Lama Tinggal Wisatawan Dan Tingkat Hunian Hotel Terhadap Pendapatan Asli Daerah Dan Kesejahteraan Masyarakat Pada Kabupaten/Kota Di Privinsi Bali." *E Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana* 6(7):1332–62.
- Subagiana, I. Gede Made, Sagung Mas Suryaniadi, and Ni Luh Made Wijayati. 2017. "The Study of Development of Marine Eco-Tourism as an Alternative of Livelihood of Community of Tulamben and Amed of Karangasem Regency of Bali Province." Pp. 147–57 in *Proceeding International Joint Conference on Science and Technology (IJCST)*.
- Subhan. B, Maduppa. H , Arafat. D, Himawan. M, Ramadhana. H, Pasaribu. R, Bramandito. A, Khairudi. D, Panggarbesi. M. et all. 2014. *Kehidupan Laut Tropis Tulamben*. Bogor-Indonesia: IPB Press.
- Suddin, Simon, Abdul Hakim, Jati Batoro, and Luchman Hakim. 2017. "Sustainable Tourism in Boti Dalam Village , Timor , Indonesia." *Journal of*

- Environmental Science, Toxicology and Food Technology* 11(8):63–68.
- Suharyo, Okol Sri. 2017. "Model Penentuan Lokasi Pangkalan Angkatan Laut Berbasis Sustainability." Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Suryanti, Supriharyono, and Willy Indrawan. 2011. "Kondisi Terumbu Karang Dengan Indikator Ikan Chaetodontidae Di Pulau Sambangan Kepulauan Karimun Jawa, Jepara, Jawa Tengah." *Buletin Oseanografi Marina* 1:106–19.
- Suryanto, H. 2009. "Analisis Status Terumbu Karang Untuk Pengembangan Wisata Bahari Di Desa Teluk Buton Kabupaten Natuna." Institut Pertanian Bogor.
- Susetyo, Budi and Gibtha Fitri Laxmi. 2017. "Model Dinamis Pengelolaan Air Bersih Terpadu Di Kota Bogor." *Jurnal Krea-Tif* 05(1):35–47.
- Susilo, SB. 2003. "Keberlanjutan Pembangunan Pulau-Pulau Kecil: Studi Kasus Kelurahan Pulau Panggang Dan Pulau Pari Kepulauan Seribu DKI Jakarta." Institut Pertanian Bogor.
- Talge, Helen. 1990. "Impact of Recreational Divers on Coral Reefs in the Florida Keys Helen." Pp. 365–74 in *In: W. Jaap, editor. Diving For Science 1990. Proceedings Of The American Academy Of Underwater Sciences Tenth Annual Scientific Diving Symposium*. St. Petersburg, FL (USA).
- Treeck, PV and H. Schuhmacher. 1999. "Mass Diving Tourism - A New Dimensional Calls for New Management Approaches." *Marine Pollution Bulletin* 37(8–12):499–504.
- Turak, Emre and Lyndon Devantier. 2010. "Coral Biodiversity , Marine Tourism and Conservation Priorities in El Nido , Palawan , Philippines." in *Final Report to El Nido Foundation*. Vol. 01.
- Widikurnia, P. 2016. "Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang Untuk Kegiatan Ekowisata Selam Di Pulau Biawak, Indramayu, Jawa Barat." Institut Pertanian Bogor.
- Wilkins, A. Katharina, Bruce Tidor, Jacob White, and Paul Barton. 2009. "Sensitivity Analysis for Oscilating Dynamical System." *Journal Sci. Comput* 31(4):2706–32.
- Wilkinson, C. 2008. *Status of Coral Reefs of the World : 2008. Global Coral Reef Monitoring Network*. Australia: Global Coral Reef Monitoring Network.
- Wingit, Ratna, Erna Maulina, M. Rizal, and Margo Purnomo. 2017. "Diving Tourism Business Model Canvas in National Tourism Straregic Area : Studi of Tulamben-Amed, Karangasem, Bali, Indonesia." *International Journal of Management and Administrative Sciences* 4(12).
- Wiranatha, AS and PN Smith. 2000. "A Conceptual Framework for a Dynamic Model for Regional Planning: Towrads Sustainable Development for Bali, Indonesia." in *International Conference on Systems Thingking in Management*.
- Wolah, Ferni Fera Ch. 2016. "Peranan Promosi Dalam Meningkatkan Kunjungan Wisatawan Di Kabupaten Poso." *E-Jurnal Acta Diurna* 2.
- Yanuar, Ahmad and Aunurohim. 2015. "Komunitas Ikan Karang Pada Tiga Model Terumbu Buatan (Artificial Reef) Di Perairan Pasir Putih Sirubondo, Jawa Timur." *Jurnal Sains Dan Seni ITS* 4(1):19–24.
- Yoeti, A. Oka. 1996. *Pengantar Ilmu Pariwisata*. Bandung: Angkasa.
- Yudasmara, G. .. 2010. "Model Pengelolaan Ekowisata Bahari Di Kawasan Pulau Menjangan Bali Barat." Institut Pertanian Bogor.
- Yulianda, F. 2007. "Ekowisata Bahari Sebagai Alternatif Pemanfaatan Sumber Daya Pesisir Berbasis Konservasi." P. 19 in *Seminar Sains*. Bogor-

Indonesia: Departemen MSP. FPIK. IPB. Bogor.

Yuniarsih, Ai, Djoko Marsono, Satyawan Pudyatmoko, and Ronggo Sadono.

2014. "Pemodelan Sistem Pengusahaan Wisata Alam Di Taman Nasional Gunung Ciremai, Jawa Barat." *Jurnal Manusia* 21(2):220–31.

Yusri, Safran. 2013. "Tentang Terumbu Karang." *Www.Terangi.or.Id/Index.Php*.

Diakses Pada Tanggal 30 Januari 2019.

Zahedi, S. 2008. "Tourism Impact on Coastal Environment." *Environmental Problems in Coastal Regions* 99:45–57.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil lifeform terumbu karang dengan metode LIT

Lokasi Batu Niti

No	Transek	Lifeform	Panjang (cm)
1	3730	RC	3730
2	3770	CM	40
3	3790	CB	20
4	3820	CM	30
5	3950	RC	130
6	4000	CM	50
7	4290	RC	290
8	4320	CM	30
9	4500	DCA	180
10	4520	OT	20
11	4600	CM	80
12	4640	DCA	40
13	4690	ACT	50
14	4700	CB	10
15	4820	S	120
16	4870	CM	50
17	4940	DCA	70
18	5020	ACT	80
19	5130	RB	110
20	5280	S	150
21	5290	CM	10
22	5410	RB	120
23	5540	S	130
24	5560	CB	20
25	5570	SP	10
26	5590	OT	20
27	5615	CM	25
28	5980	RC	365
29	6120	S	140
30	6620	RB	500
31	6630	CM	10
32	6820	RB	190
33	6830	CB	10
34	6900	ACT	70
35	7230	RC	330
36	7290	ACB	60
37	7710	RC	420
38	7790	ACT	80
39	7810	CM	20
40	8070	RC	260
41	8080	ACB	10
42	8140	CM	60
43	8230	RC	90
44	8240	CM	10
45	8250	CB	10
46	8410	RC	160
47	8410	OT	0
48	8540	S	130
49	8570	CM	30
50	8920	RC	350
51	8930	CB	10
52	9100	RC	170
53	9140	CB	40
54	9160	CM	20
55	9220	OT	60
56	9280	CM	60
57	9330	ACT	50
58	9340	CM	10
59	9530	S	190
60	9600	RC	70
61	9620	CM	20
62	9820	RC	200
63	9840	CM	20
64	9920	ACT	80
65	9930	CM	10
66	10000	RC	70

Lokasi Seraya

No	Transek	Lifeform	Panjang (cm)
1	370	S	370
2	390	CM	20
3	420	ACT	30
4	540	S	120
5	550	CB	10
6	590	S	40
7	610	ACB	20
8	730	RC	120
9	750	ACB	20
10	770	CM	20
11	780	OT	10
12	800	CB	20
13	890	S	90
14	900	CM	10
15	940	RB	40
16	960	CB	20
17	1010	CM	50
18	1090	ACT	80
19	1130	CM	40
20	1190	RC	60
21	1200	CM	10
22	1240	ACB	40
23	1890	RC	650
24	1955	RB	65
25	2005	ACT	50
26	2410	RC	405
27	2585	S	175
29	2615	ACT	30
30	2585	S	-30
31	2615	ACT	30
32	2670	CM	55
33	2710	S	40
34	2725	SC	15
35	2740	OT	15
36	2900	S	160
37	2920	CM	20
38	2940	S	20
39	2960	SP	20
40	2990	ACT	30
41	3120	OT	130
42	3220	S	100
43	3250	CM	30
44	3290	ACT	40
45	3900	S	610
46	4110	RC	210
47	4130	SP	20
48	4425	RC	295
49	4430	SC	5
50	4610	RC	180

51	4690	S	80
52	4735	ACT	45
53	4950	RC	215
54	4957	CM	7
55	4962	SC	5
56	4995	S	33
57	5010	SC	15
58	5125	RB	115
59	5520	RC	395
60	5535	CB	15
61	5670	RC	135
62	5685	CE	15
63	5760	RC	75
64	5770	ACB	10
65	5990	RC	220
66	6000	ACB	10
67	6080	RB	80
68	6095	SC	15
69	6450	RC	355
70	6460	CM	10
71	6830	RC	370
72	6842	CE	12
73	6852	ACB	10
74	6910	RC	58
75	6925	DCA	15
76	6940	OT	15
77	7100	RC	160
78	7110	SP	10
79	7230	RC	120
80	7260	RB	30
81	7295	ACB	35
82	7340	RC	45
83	7380	ACB	40
84	7400	SP	20
85	7560	RC	160
86	7570	SC	10
87	7910	RB	340
88	8540	S	630
89	8560	ACB	20
90	9500	RC	940
91	9530	ACB	30
92	9560	AA	30
93	9620	RC	60
94	9630	OT	10
95	9790	RC	160
96	9800	ACB	10
97	9860	CM	60
98	9980	S	120
99	10000	CM	20

Lokasi Kuanji

No	Transek	Lifeform	Panjang (cm)
1	1230	RC	1230
2	1240	ACB	10
3	1890	RC	650
4	1955	RB	65
5	1999	ACT	44
6	2410	RC	411
7	2585	S	175
8	2605	ACT	20
9	4110	RC	1505
10	4130	SP	20
11	4425	RC	295
12	4430	SC	5
13	4610	RC	180
14	4690	S	80
15	4720	ACT	30
16	4950	RC	230
17	4957	CM	7
18	4962	SC	5
19	4995	S	33
20	5010	SC	15
21	5125	RB	115
22	5520	RC	395
23	5535	CB	15
24	5670	RC	135
25	5680	CE	10
26	5760	CM	80
27	5770	ACB	10
29	5990	RC	220
30	6000	ACB	10
31	6080	ACT	80
32	6095	SC	15
33	6450	RC	355
34	6460	CM	10
35	6830	RC	370
36	6842	CE	12
37	6852	ACB	10
38	6910	ACT	58
39	6925	DCA	15
40	6940	OT	15
41	7100	CB	160
42	7110	SP	10
43	7230	ACT	120
44	7260	CB	30
45	7285	ACB	25
46	7340	RC	55
47	7380	ACB	40
48	7400	SP	20
49	7560	RC	160
50	7570	SC	10

51	7910	RB	340
52	8540	S	630
53	8560	ACB	20
54	9500	RC	940
55	9530	ACB	30
56	9560	CM	30
57	9620	ACT	60
58	9630	OT	10
59	9790	ACT	160
60	9800	ACB	10
61	9838	CM	38
62	9980	S	142
63	10000	CM	20

Lokasi Melasti

No	Transek	Lifeform	Panjang (cm)
1	25	RC	25
2	130	S	105
3	140	CB	10
4	147	CM	7
5	345	S	198
6	375	CB	30
7	535	S	160
8	547	CM	12
9	755	S	208
10	775	CM	20
11	790	CB	15
12	820	AA	30
13	990	S	170
14	1010	CM	20
15	1520	S	510
16	1540	CB	20
17	1545	CE	5
18	1715	ACT	170
19	1745	CM	30
20	1830	ACT	85
21	1885	CB	55
22	1990	RC	105
23	2000	CB	10
24	2015	ACT	15
25	2022	CM	7
26	2300	S	278
27	2305	CM	5
29	2445	ACT	140
30	2455	SC	10
31	2460	CM	5
32	2600	S	140
33	2675	CM	75
34	2993	RB	318
35	3250	RC	257
36	3258	OT	8
37	3700	S	442
38	3705	CM	5
39	4505	S	800
40	4515	SP	10
41	4620	S	105
42	4630	OT	10
43	4910	S	280
44	4925	SC	15
45	5120	S	195
46	5310	RB	190
47	5330	CB	20
48	7455	S	2125
49	7460	CM	5
50	7585	ACT	125

51	7590	SP	5
52	8050	S	460
53	8080	RC	30
54	8215	RB	135
55	8245	RC	30
56	8400	S	155
57	8410	CM	10
58	8800	S	390
59	8835	DCA	35
60	8920	S	85
61	8935	ACB	15
62	8990	RC	55
63	9010	SP	20
64	9230	RC	220
65	9255	SP	25
66	9375	ACT	120
67	9395	SC	20
68	9460	CM	65
69	9475	CB	15
70	9690	S	215
71	9790	CM	100
72	9805	CB	15
73	9930	S	125
74	9950	ACB	20
75	9980	SP	30
76	10000	CM	20

Lokasi Pura Segara

No	Transek	Liform	Panjang (cm)
1	100	OT	100
2	350	RB	250
3	370	OT	20
4	560	S	190
5	700	RC	140
6	760	CM	60
7	800	CB	40
8	1600	RC	800
9	1800	SP	200
10	2000	S	200
11	3050	RC	1050
12	3100	ACT	50
13	4200	S	1100
14	4400	CM	200
15	4630	S	230
16	6200	RC	1570
17	6300	DC	100
18	6350	CM	50
19	6450	TA	100
20	6500	CB	50
21	6680	RC	180
22	6690	CM	10
23	6800	DCA	110
24	6870	ACT	70
25	6900	CM	30
26	7100	TA	200
27	7200	CM	100
28	7530	S	330
29	7550	CM	20
30	7800	S	250
31	7820	SC	20
32	8400	S	580
33	8470	CM	70
34	8640	RB	170
35	8700	SC	60
36	8900	S	200
37	9000	RC	100
38	9100	CM	100
39	9200	ACT	100
40	9370	CM	170
41	9450	CB	80
42	9500	CM	50
43	10000	RC	500

Lokasi Touch Terminal

No	Transek	Lifeform	Panjang (cm)
1	70	RC	70
2	290	S	220
3	350	CM	60
4	390	RC	40
5	460	S	70
6	540	CB	80
7	1310	RC	770
8	1320	SC	10
9	1470	RC	150
10	1500	OT	30
11	2040	RC	540
12	2120	CE	80
13	2200	RC	80
14	2260	S	60
15	2420	RC	160
16	3010	ACB	590
17	3060	RC	50
18	3120	ACB	60
19	3170	CM	50
20	3250	S	80
21	3850	RC	600
22	3920	SP	70
23	4400	RC	480
24	4620	S	220
25	5300	RC	680
26	5400	S	100
27	5600	RC	200
28	5760	S	160
29	5850	RC	90
30	5950	SC	100
31	6070	RC	120
32	6150	S	80
33	6380	RC	230
34	6420	CE	40
35	6540	CM	120
36	7140	RC	600
37	7300	SP	160
38	7500	CM	200
39	7580	CE	80
40	7650	RC	70
41	7880	SC	230
42	8150	RC	270
43	8280	SP	130
44	8300	SC	20
45	8350	RC	50
46	8670	SC	320
47	9030	RC	360
48	9240	CE	210
49	9530	RC	290
50	9830	CM	300
51	10000	RC	170

Lokasi Emerald

No	Tmasek	Lifform	Panjang (cm)
1	60	CM	60
2	100	RB	40
3	120	OT	20
4	150	S	30
5	270	CM	120
6	330	CE	60
7	470	CM	140
8	500	RB	30
9	530	SP	30
10	830	RB	300
11	850	TA	20
12	870	SP	20
13	930	CB	60
14	950	SC	20
15	1000	OT	50
16	1110	S	110
17	1180	OT	70
18	1410	S	230
19	1460	HA	50
20	1570	CM	110
21	1710	S	140
22	1750	HA	40
23	1950	S	200
24	2510	RC	560
25	2570	OT	60
26	2600	SP	30
27	2620	SC	20
28	2660	HA	40
29	2670	SP	10
30	2830	CM	160
31	3110	RC	280
32	3210	CM	100
33	3300	SP	90
34	3460	CM	160
35	3480	TA	20
36	3630	RC	150
37	3810	CM	180
38	3900	OT	90
39	4010	CM	110
40	4030	TA	20
41	4100	OT	70
42	4160	CM	60
43	4180	OT	20
44	4210	CM	30
45	4240	OT	30
46	4320	CM	80
47	4370	CM	50
48	4450	OT	80
49	4560	S	110
50	4680	CM	120

51	4700	OT	20
52	4780	CM	80
53	4810	SC	30
54	4830	CM	20
55	5090	RC	260
56	5140	OT	50
57	5160	CM	20
58	5190	CM	30
59	5320	RC	130
60	5400	S	80
61	5420	CE	20
62	5450	CM	30
63	5800	S	350
64	5900	CM	100
65	6100	RC	200
66	6170	CM	70
67	6200	OT	30
68	6230	CM	30
69	7560	RC	1330
70	8740	CM	1180
71	10000	RC	1260

Lokasi Batu Klebit

No	Transek	Lifeform	Panjang
1	32	CM	32
2	60	RB	28
3	90	RC	30
4	110	S	20
5	120	ACB	10
6	160	CM	40
7	170	SP	10
8	219	CM	49
9	222	SP	3
10	326	CM	104
11	420	SP	94
12	470	RB	50
13	740	RC	270
14	950	RB	210
15	1030	RC	80
16	1260	S	230
17	1340	CM	80
18	1355	SC	15
19	1440	CM	85
20	1665	RC	225
21	1720	CM	55
22	1770	CM	50
23	1890	RC	120
24	1897	SC	7
25	1970	RB	73
26	1990	CM	20
27	2040	SP	50
28	2210	CM	170
29	2410	RC	200
30	2530	RB	120
31	2580	CM	50
32	3350	RC	770
33	3380	CE	30
34	3412	CM	32
35	3480	RC	68
36	3528	CB	48
37	3790	RC	262
38	3820	ACT	30
39	3870	S	50
40	3940	CM	70
41	4440	RC	500
42	4510	S	70
43	4825	RC	315
44	4910	CM	85
45	5000	CM	90
46	5170	RC	170
47	5470	RC	300
48	5520	S	50
49	5620	RC	100
50	5640	RB	20

51	5680	CM	40
52	5710	S	30
53	5825	RC	115
54	5840	SC	15
55	6320	RB	480
56	6400	OT	80
57	6420	SC	20
58	6530	RC	110
59	6610	SC	80
60	6810	RC	200
61	6820	AA	10
62	6830	CM	10
63	7190	RB	360
64	7310	CM	120
65	7500	RC	190
66	8410	RB	910
67	8660	S	250
68	8670	SP	10
69	9110	RB	440
70	9400	RC	290
71	9510	SC	110
72	9660	RB	150
73	9715	CM	55
74	9725	SP	10
75	9780	OT	55
76	9810	S	30
77	9870	CM	60
78	9880	SP	10
79	9890	SC	10
80	9920	CM	30
81	9980	RB	60
82	10000	S	20

Lokasi Alamanda

No	Transek	Lifeform	Panjang (cm)
1	100	CE	100
2	150	CM	50
3	180	HA	30
4	200	CM	20
5	260	TA	60
6	600	CM	340
7	690	S	90
8	1000	S	310
9	1250	RC	250
10	1500	S	250
11	1650	CM	150
12	1750	S	100
13	1900	CM	150
14	2690	RC	790
15	2770	S	80
16	3040	RC	270
17	3100	TA	60
18	3300	RC	200
19	3310	CE	10
20	3500	RB	190
21	4010	RC	510
22	4040	SC	30
23	4560	RC	520
24	4840	S	280
25	5070	SP	230
26	5200	RC	130
27	5420	CE	220
28	5600	RB	180
29	5790	RC	190
30	5990	SC	200
31	6080	CM	90
32	6289	S	209
33	6460	CM	171
34	6600	RC	140
35	6730	CM	130
36	6840	DC	110
37	7070	CM	230
38	7170	S	100
39	7320	RC	150
40	7470	CM	150
41	7610	SP	140
42	7760	CM	150
43	7900	SP	140
44	8050	RB	150
45	8200	CM	150
46	8340	RB	140
47	8490	S	150
48	8630	CM	140
49	8780	SC	150
50	8930	RB	150

51	9070	OT	140
52	9220	SC	150
53	9300	TA	80
54	9510	SC	210
55	9700	S	190
56	9740	AA	40
57	9860	DCA	120
58	10000	RB	140

Lokasi Palung-Palung

No	Transek	Lifeform	Panjang (cm)
1	50	RC	50
2	260	CM	210
3	300	S	40
4	700	CM	400
5	710	MA	10
6	720	RC	10
7	800	SP	80
8	830	ACT	30
9	900	MA	70
10	1040	CM	140
11	1100	S	60
12	1200	CM	100
13	1400	S	200
14	1840	CM	440
15	1850	S	10
16	2150	CM	300
17	2280	S	130
18	2330	CF	50
19	2400	S	70
20	2460	CM	60
21	2700	OT	240
22	2850	S	150
23	3000	ACS	150
24	3050	S	50
25	3640	CM	590
26	3650	ACD	10
27	3900	CM	250
28	4500	S	600
29	4650	RC	150
30	4700	MA	50
31	4850	CM	150
32	5000	RC	150
33	5100	CM	100
34	5120	ACD	20
35	5200	CM	80
36	5210	OT	10
37	5450	RC	240
38	5550	CM	100
39	5580	MA	30
40	6070	RC	490
41	6200	S	130
42	6650	RC	450
43	6700	CB	50
44	6740	RB	40
45	6750	MA	10
46	6760	OT	10
47	7240	RC	480
48	7250	OT	10
49	7900	RC	650
50	8000	S	100

51	8050	RC	50
52	8200	S	150
53	8600	RC	400
54	8650	S	50
55	8730	RC	80
56	8900	S	170
57	9340	RC	440
58	9400	RB	60
59	9470	RC	70
60	9550	S	80
61	10000	RC	450

Lokasi Drop Off

No	Transek	Lifeform	Panjang (cm)
1	50	RC	50
2	190	CM	140
3	300	S	110
4	360	CM	60
5	710	MA	350
6	720	RC	10
7	800	SP	80
8	830	CE	30
9	900	MA	70
10	970	CM	70
11	1100	S	130
12	1200	CM	100
13	1400	S	200
14	1840	CM	440
15	1850	S	10
16	2150	CM	300
17	2280	S	130
18	2330	CM	50
19	2400	S	70
20	2460	CM	60
21	2700	OT	240
22	2850	S	150
23	3000	ACS	150
24	3050	S	50
25	3640	CM	590
26	3650	ACB	10
27	3900	CM	250
28	4500	S	600
29	4650	RC	150
30	4700	MA	50
31	4850	CM	150
32	5000	RC	150
33	5100	CM	100
34	5120	ACB	20
35	5200	CM	80
36	5210	OT	10
37	5450	RC	240
38	5550	CM	100
39	5580	MA	30
40	6070	RC	490
41	6200	S	130
42	6650	RC	450
43	6700	CM	50
44	6740	RB	40
45	6750	CE	10
46	6760	OT	10
47	7240	RC	480
48	7250	OT	10
49	7900	RC	650
50	8000	S	100

51	8050	RC	50
52	8200	S	150
53	8600	RC	400
54	8650	S	50
55	8730	RC	80
56	8900	S	170
57	9340	RC	440
58	9400	RB	60
59	9470	RC	70
60	9550	S	80
61	10000	RC	450

Lokasi Coral Garden

No	Transek	Lifeform	Panjang (cm)
1	25	SC	25
2	30	SP	5
3	130	RC	100
4	140	CE	10
5	255	OT	115
6	260	ACE	5
7	275	OT	15
8	420	S	145
9	460	OT	40
10	760	RC	300
11	820	CE	60
12	1040	SP	220
13	1060	OT	20
14	1100	CE	40
15	1230	OT	130
16	2100	CB	870
17	2140	ACT	40
18	2150	SP	10
19	2180	CM	30
20	2200	CB	20
21	2240	SP	40
22	2370	OT	130
23	2430	OT	60
24	2640	SP	210
25	2660	SP	20
26	2950	OT	290
27	3140	S	190
28	3430	RC	290
29	3450	OT	20
30	3570	S	120
31	4000	OT	430
32	4200	S	200
33	4280	OT	80
34	4360	SP	80
35	4420	S	60
36	4600	OT	180
37	4750	SP	150
38	4780	SP	30
39	4800	CB	20
40	4855	OT	55
41	5300	RB	445
42	5360	SP	60
43	5490	OT	130
44	5500	CM	10
45	5580	OT	80
46	5700	SP	120
47	5720	SC	20
48	5810	OT	90
49	5820	S	10
50	5840	SP	20

51	5855	SC	15
52	6200	OT	345
53	6270	CE	70
54	6500	CM	230
55	6840	OT	340
56	7120	S	280
57	7165	OT	45
58	7700	RC	535
59	7720	SP	20
60	8050	RC	330
61	8140	OT	90
62	8170	S	30
63	8710	OT	540
64	9050	RC	340
65	9070	CB	20
66	9480	CM	410
67	9570	RC	90
68	9620	OT	50
69	9740	CE	120
70	9830	OT	90
71	9890	SP	60
72	10000	S	110

Lokasi Ship Wreck

No	Transek	Lifeform	Panjang (cm)
1	40	CB	40
2	50	CE	10
3	170	S	120
4	240	RC	70
5	310	RB	70
6	400	S	90
7	460	S	60
8	530	CM	70
9	560	OT	30
10	620	ACT	60
11	650	SP	30
12	720	OT	70
13	900	RC	180
14	1050	S	150
15	1140	S	90
16	1170	ACT	30
17	1180	SP	10
18	1210	OT	30
19	1280	S	70
20	1310	OT	30
21	1550	S	240
22	1600	SP	50
23	1640	S	40
24	1660	SP	20
25	1710	ACB	50
26	1770	SP	60
27	1950	S	180
29	2560	RC	610
30	2620	RB	60
31	2660	SP	40
32	2680	CM	20
33	2710	RC	30
34	2770	CM	60
35	2780	OT	10
36	2810	CM	30
37	2970	S	160
38	3000	CE	30
39	3060	S	60
40	3100	OT	40
41	3270	S	170
42	3300	CE	30
43	3340	S	40
44	3430	RC	90
45	3740	S	310
46	3760	CE	20
47	3800	RC	40
48	4100	S	300
49	4140	CM	40
50	4200	CB	60
51	4210	CM	10
52	4230	CE	20
53	4290	S	60
54	4370	CB	80

55	4400	CM	30
56	5080	RC	680
57	5180	S	100
58	5220	OT	40
59	5330	S	110
60	5370	CM	40
61	5480	S	110
62	5570	RC	90
63	5600	CE	30
64	5630	RC	30
65	5660	CM	30
66	5760	S	100
67	5890	RC	130
68	5910	CM	20
69	5940	CE	30
70	6000	RC	60
71	6140	S	140
72	6170	CM	30
73	6230	ACT	60
74	6300	CM	70
75	6330	RC	30
76	6350	CE	20
77	6440	S	90
78	6840	RC	400
79	6860	OT	20
80	6870	CM	10
81	6880	CS	10
82	6900	CM	20
83	6920	CS	20
84	7510	RC	590
85	7530	CS	20
86	7610	RC	80
87	7700	CM	90
88	7820	RC	120
89	7850	CS	30
90	7900	RC	50
91	7940	CM	40
92	7990	ACT	50
93	8010	CM	20
94	8030	CB	20
95	8130	CM	100
96	8310	S	180
97	8340	CM	30
98	8430	OT	90
99	8560	S	130
100	8610	RC	50
101	8650	CE	40
102	8670	CM	20
103	8740	S	70
104	8770	SP	30
105	8800	S	30
106	8830	CB	30
107	8950	S	120
108	9050	CE	100
109	10000	S	950

Lokasi Singkil

No	Transek	Lifeform	Panjang (cm)
1	300	CM	300
2	310	MA	10
3	370	RC	60
4	400	CM	30
5	450	RC	50
6	600	CM	150
7	700	RC	100
8	800	SP	100
9	805	OT	5
10	1200	RC	395
11	1210	ACE	10
12	1300	RB	90
13	1350	CS	50
14	1400	RC	50
15	1430	CM	30
16	1800	RC	370
17	2350	RC	550
18	2400	ACE	50
19	2450	RB	50
20	2600	ACS	150
21	2800	RC	200
22	2810	ACD	10
23	2860	RC	50
24	2900	ACE	40
25	2950	RC	50
26	3010	ACD	60
27	3050	CM	40
28	3200	RC	150
29	3220	ACD	20
30	3360	RC	140
31	3400	ACE	40
32	3700	RC	300
33	3750	CM	50
34	4150	RC	400
35	4450	CM	300
36	4600	RC	150
37	4900	CM	300
38	5100	RC	200
39	5250	RC	150
40	5280	ACD	30
41	5750	RC	470
42	5850	ACB	100
43	6050	RC	200
44	6450	RC	400
45	6470	OT	20
46	6650	RC	180
47	6660	ACD	10
48	6780	CM	120
49	7200	RC	420
50	7600	CM	400

51	7900	RC	300
52	7950	RC	50
53	8050	RC	100
54	8070	OT	20
55	8130	CM	60
56	8200	RC	70
57	8450	CM	250
58	8570	RC	120
59	9000	CM	430
60	9050	RC	50
61	10000	CM	950

Lampiran 2. Hasil analisis persentase tutupan terumbu karang

Lokasi	Karang Hidup (%)	Karang Mati (%)	Biota Lain (%)	Algae (%)	Abiotik (%)
Batu Niti	11,85	2,90	1,10	0,00	84,15
Seraya	10,24	0,15	3,15	0,30	86,16
Kuanji	11,49	0,15	1,25	0,00	87,11
Melasti	12,71	0,35	1,53	0,30	85,11
Pura Segara	12,50	2,10	4,00	3,00	78,40
<i>Emerald</i>	31,80	0,00	8,50	1,92	58,60
Batu Klebit	14,45	0,00	5,79	0,10	79,66
Alamanda	22,51	2,30	13,90	2,70	58,59
Palung-Palung	32,30	0,00	3,50	1,70	62,50
<i>Drop Off</i>	27,60	0,00	3,50	5,00	63,90
<i>Coral Garden</i>	19,55	0,00	44,70	0,00	35,75
<i>Touch Terminal</i>	18,70	0,00	10,70	0,00	70,60
<i>Shipwreck</i>	16,70	0,00	6,00	0,00	77,30
Singkil	39,80	0,00	1,45	0,10	58,65
Rata-Rata Persentase Tutupan	20,16	0,57	7,79	1,08	70,46

Lampiran 3. Hasil transek ikan karang

Family	Species	Lokasi													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Acanthuridae	<i>Acanthurus auranticavus</i>	0	7	0	31	0	1	0	18	0	0	0	25	0	0
	<i>Acanthurus bariene</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	<i>Acanthurus fowleri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
	<i>Acanthurus grammoptilus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0
	<i>Acanthurus leucocheilus</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	7
	<i>Acanthurus lineatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0
	<i>Acanthurus nigricans</i>	0	17	0	0	0	0	21	0	17	0	12	0	0	9
	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	3	0
	<i>Acanthurus nubilus</i>	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Acanthurus pyroferus</i>	0	6	0	0	8	0	0	19	9	0	0	9	0	4
	<i>Acanthurus xanthopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
	<i>Arothron nigropunctatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
	<i>Ctenochaetus binotatus</i>	0	0	11	0	0	0	29	0	0	2	17	0	0	0
	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0
	<i>Ctenochaetus striatus</i>	10	4	0	0	0	0	0	0	31	0	0	63	7	12
	<i>Naso caesius</i>	0	0	1	0	0	0	12	0	0	2	2	0	0	0
	<i>Naso elegans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	0
	<i>Naso literatus</i>	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	6	0	0	0
Albulidae	<i>Zebbrasoma scopas</i>	0	0	0	0	0	0	26	22	0	29	0	13	0	0
	<i>Zebbrasoma veliferum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	<i>Albula neoguinaica</i>	0	14	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apogonidae	<i>Apogon endekataenia</i>	5	0	4	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0
	<i>Balistoides viridescens</i>	0	1	0	3	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1
	<i>Balistapus undulatus</i>	0	3	4	5	0	0	0	0	7	0	0	1	0	2
Balistidae	<i>Melichthys vidua</i>	0	0	0	1	3	0	0	0	0	2	8	4	3	1
	<i>Sufflamen chrysopterus</i>	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
	<i>Heniochus varius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
	<i>Odonus niger</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	6	6	0	0
	<i>Bothus pantherinus</i>	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Caesionidae	<i>Caesio caerulaureus</i>	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pterocaesio tile</i>	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0
Centriscidae	<i>Centriscus scutatus</i>	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetodontidae	<i>Chaetodon auriga</i>	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chaetodon adiergastos</i>	3	4	0	9	0	4	4	4	12	0	9	3	2	5
	<i>Chaetodon citrinellus</i>	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Chaetodon kleinii</i>	3	6	2	12	2	0	22	7	7	38	21	0	2	3
	<i>Chaetodon longirostris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	<i>Chaetodon lunula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Chaetodon lunulatus</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Chaetodon melannotus</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	2
	<i>Chaetodon oxycephalus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Chaetodon rafflesii</i>	0	8	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
	<i>Chaetodon speculum</i>	0	0	16	0	0	0	0	0	0	4	12	4	0	0
	<i>Chaetodon triangulum</i>	0	0	0	0	0	0	5	0	0	6	0	0	0	0
	<i>Chaetodon trifascialis</i>	0	0	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Chaetodon trifasciatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	12	0	0	2
	<i>Chaetodon ulietensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	10	0	0
	<i>Chaetodon vagabundus</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	13	0	0	3	0	8
	<i>Forcipiger flavissimus</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Forcipiger longirostris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	7
	<i>Hemitaenichthys polylepis</i>	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Heniochus chrysostomus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Heniochus pleurotaenia</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Heniochus varius</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	6
Cirrhitidae	<i>Cirrhitichthys falco</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0
	<i>Cirrhitichthys aprinus</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diodontidae	<i>Diodon holocanthus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fistulariidae	<i>Fistularia commersonii</i>	0	7	0	7	0	3	12	0	6	9	16	0	0	3
Gobidae	<i>Cryptocentrus strigiliceps</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	<i>Cryptocentrus cinctus</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Haemulidae	<i>Plectorhinchus vittatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	<i>Plectorhinchus polytaenia</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0

	<i>Plectorhinchus lineatus</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Holocentridae	<i>Sargocentron praslin</i>	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Sargocentron diadema</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Kyphosidae	<i>Kyphosus vaigiensis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	12	0	0	2	0	0
	<i>Anampses caeruleopunctatus</i>	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Bodianus bimaculatus</i>	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Labridae	<i>Cheilinus undulatus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
	<i>Cirrhilabrus flavidorsalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0
	<i>Coris gaimard</i>	0	0	3	0	0	0	6	0	4	2	0	0	5	0
	<i>Gomphosus varius</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Helichoeres chrysus</i>	0	0	52	0	0	0	43	0	0	0	0	0	2	0
	<i>Helichoeres hortulanus</i>	0	0	6	0	3	0	8	2	0	19	5	0	0	0
	<i>Labroides dimidiatus</i>	0	4	5	3	0	0	18	15	2	8	21	38	0	7
	<i>Macropharyngodon negrosensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
	<i>Novaculichthys taeniourus</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3
	<i>Ostracion meleagris</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pseudochellinus hexataenia</i>	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2	8	0	0	0
	<i>Scolopsis bilineatus</i>	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Stethojulis trilineata</i>	0	21	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Thalassoma hardwicke</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	9	0	0	0	0
	<i>Thalassoma lunare</i>	0	0	0	0	15	0	0	0	0	4	0	0	0	0
	<i>Thalassoma lutescens</i>	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0
Lethrinidae	<i>Lethrinus microdon</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
	<i>Monotaxis grandoculis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Lutjanus rivulatus</i>	0	0	0	47	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Lutjanidae	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
	<i>Lutjanus fulvus</i>	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Lutjanus gibbus</i>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Lutjanus lutjanus</i>	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Lutjanus vitta</i>	0	14	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Lutjanus kasmira</i>	5	0	0	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Lutjanus decussatus</i>	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
	<i>Macolor macularis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0

Malacanthidae	<i>Malacanthus latovittatus</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Cantherhines dumerilii</i>	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	<i>Aluterus scriptus</i>	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mugilidae	<i>Crenimugil crenilabis</i>	5	0	0	0	5	3	0	0	0	5	0	0	5	0
Mullidae	<i>Upeneus tragula</i>	0	5	0	4	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0
	<i>Perupeneus barberinus</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Rhinomuraena quaesita</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Parupeneus heptacanthus</i>	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Siderea thyrsioidea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nemipteridae	<i>Scolopsis bilineata</i>	0	0	4	0	2	5	0	10	0	0	0	0	0	0
Ostraciidae	<i>Ostracion meleagris</i>	0	0	0	4	0	2	0	1	1	1	2	0	0	0
	<i>Ostracion cubicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Pinguipedidae	<i>Parapercis hexophthalma</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Parapercis cylindrica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Pomacanthidae	<i>Apolemichthys trimaculatus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	0
	<i>Centropyge bicolor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	<i>Centropyge eibli</i>	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Centropyge vrolikii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
	<i>Chrysiptera hemicyanea</i>	0	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pomacanthus imperator</i>	0	0	1	0	0	0	0	23	0	1	1	5	0	0
	<i>Pygoplites diachantus</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0
	<i>Abudefduf vaigiensis</i>	0	0	69	0	70	60	78	0	66	0	48	0	0	49
Pomacentridae	<i>Acanthochromis polyacanthus</i>	15	96	0	27	0	0	0	0	0	0	0	47	0	112
	<i>Amphiprion clarkii</i>	2	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	3	0
	<i>Amphiprion ocellaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0
	<i>Amphiprion perideration</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	2	0	0
	<i>Centropyge vrolikii</i>	0	0	12	0	0	0	6	0	0	6	14	0	0	0
	<i>Chromis leucura</i>	0	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	37	0	0
	<i>Chromis margaritifer</i>	10	97	76	34	0	5	79	23	152	58	39	0	0	47
	<i>Chromis caudalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	36	0	0
	<i>Chrysiptera cyanea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
	<i>Chrysiptera hemicyanea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0	0	0
	<i>Chrysiptera parasema</i>	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	25	0

	<i>Ctenochaetus striatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0
	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	30	71	39	0	50	0	0	0	61	0	33	0	40	24
	<i>Neopomacentrus azysron</i>	0	0	0	0	0	0	0	32	111	0	0	35	0	75
	<i>Neopomacentrus cyanomos</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
	<i>Neoglyphidodon crossi</i>	0	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0	0	0	0
	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Pomacentrus auriventris</i>	0	139	49	127	0	0	52	113	154	87	73	148	0	37
	<i>Pomacentrus alleni</i>	0	0	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pomacentrus bankanensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	82	0	0	1	0	53
	<i>Pomacentrus brachialis</i>	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	50	0
	<i>Pomacentrus coelestis</i>	40	0	0	0	20	0	0	28	0	0	0	52	0	0
	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	6	37	0	0	0	0	22
	<i>Pomacentrus nigromarginatus</i>	0	0	0	0	0	0	33	0	0	40	0	0	0	0
	<i>Pomacentrus similis</i>	0	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pomacentrus vaiuli</i>	0	40	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
Ptereleotrididae	<i>Ptereleotris heteroptera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	<i>Ptereleotris evides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	0	0
	<i>Ptereleotris magnifica</i>	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
Scaridae	<i>Bolbometopon muricatum</i>	0	0	0	0	0	0	1	3	7	0	0	0	0	0
	<i>Cetoscarus ocellatus</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0
	<i>Chlorurus bowersi</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Scarus globiceps</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Scarus hypselopterus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Scombridae	<i>Scarus hypselopterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	<i>Scarus quoyi</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
	<i>Scarus tricolor</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	9	0	0	1	0	4
	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0
Scorpaenidae	<i>Scorpaenopsis oxycephala</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Dendrochirus brachypterus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	<i>Pterois radiata</i>	0	0	2	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
	<i>Pterois volitans</i>	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pterois antennata</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

Serranidae	<i>Pseudanthias rubrizonatus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	<i>Cephalopholis argus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	3	2	3	0
	<i>Cephalopholis urodeta</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Cephalopholis miniata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Ephinephelus coioides</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Epinephelus fasciatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0
	<i>Pseudanthias sheni</i>	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pseudanthias tuka</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0
	<i>Variola albimarginata</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siganidae	<i>Siganus guttatus</i>	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Siganus margaritiferus</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Siganus punctatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
	<i>Siganus puellus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
Soleidae	<i>Dexilichthys heterolepis</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solenostomidae	<i>Solenostomus paradoxus</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Synodontidae	<i>Synodus jaculum</i>	0	7	0	9	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
Tetraodontidae	<i>Arothron stellatus</i>	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	<i>Canthigaster coronata</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	3
	<i>Arothron mappa</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0
	<i>Pseudanthias angelhardi</i>	0	0	0	0	0	0	29	0	0	73	56	0	0	0
	<i>Pseudanthias hutchi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0
	<i>Arothron nigropunctatus</i>	0	0	1	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0
Zanclidae	<i>Canthigaster valentini</i>	0	0	2	0	0	0	6	1	0		2	3	0	0
	<i>Zanclus cornutus</i>	0	12	4	17	8	11	27	19	11	17	14	12	5	12
Jumlah		145	700	412	497	253	198	763	481	907	494	628	579	330	561

Keterangan : 1. Batu Niti; 2. Seraya; 3. Kuanji; 4. Melasti; 5. Pura Segara; 6. *Emerald*; 7. Batu Klebit; 8. Alamanda; 9. Palung-Palung; 10. *Drop Off*; 11. *Coral Garden*; 12. *Tauch Terminal*; 13. *Shipwreck*; 14. Singkil.

Lampiran 4. Jenis ikan mayor yang teridentifikasi pada lokasi pengamatan

Family	Spesies	Lokasi														Σ
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Albulidae	<i>Albula neoguinaica</i>		+		+											26
Apogonidae	<i>Apogon endekataenia</i>	+		+								+				28
Balistidae	<i>Balistoides viridescens</i>		+		+					+	+				+	8
	<i>Balistapus undulatus</i>		+	+	+					+			+		+	22
	<i>Melichthys vidua</i>				+	+					+	+	+	+	+	22
	<i>Sufflamen chrysopterus</i>				+									+	+	11
	<i>Heniochus varius</i>									+						4
	<i>Odonus niger</i>							+				+	+			16
	<i>Bothus pantherinus</i>				+											4
Bothidae	<i>Bothus pantherinus</i>				+											4
Cirrhitidae	<i>Cirrhitichthys falco</i>										+	+				3
	<i>Cirrhitichthys aprinus</i>			+												2
Fistulariidae	<i>Fistularia commersonii</i>		+		+		+			+	+	+			+	63
Gobidae	<i>Cryptocentrus strigiliceps</i>				+										+	10
	<i>Cryptocentrus cinctus</i>						+									4
Labridae	<i>Anampses caeruleopunctatus</i>		+													14
	<i>Bodianus bimaculatus</i>						+									7
	<i>Cirrhitilabrus flavidorsalis</i>													+		25
	<i>Coris gaimard</i>							+		+	+			+		20
	<i>Gomphosus varius</i>							+								1
	<i>Helichoeres chrysus</i>			+				+						+		97
	<i>Helichoeres hortulanus</i>			+			+	+			+	+				43
	<i>Labroides dimidiatus</i>		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+		+	121
	<i>Macropharyngodon negrosensis</i>											+				8
	<i>Novaculichthys taeniourus</i>		+		+					+					+	7
Labridae	<i>Ostracion meleagrís</i>							+								2
	<i>Pseudocheilinus hexataenia</i>			+				+			+	+				14
	<i>Scolopsis bilineatus</i>							+								6
	<i>Stethojulis trilineata</i>		+		+											25
	<i>Thalassoma hardwicke</i>							+			+					11

	<i>Thalassoma lunare</i>					+				+					19
	<i>Thalassoma lutescens</i>			+			+				+				9
Malacanthidae	<i>Malacanthus latovittatus</i>					+									2
	<i>Cantherhines dumerillii</i>			+		+								+	8
	<i>Aluterus scriptus</i>			+		+									8
	<i>Ostracion meleagris</i>					+	+	+	+						11
Ostraciidae	<i>Ostracion cubicus</i>										+				1
	<i>Parapercis hexophthalma</i>				+										3
Pinguipedidae	<i>Parapercis cylindrica</i>											+			3
	<i>Apolemichthys trimaculatus</i>						+				+		+		5
Pomacanthidae	<i>Centropyge bicolor</i>										+				1
	<i>Centropyge eibli</i>						+								11
	<i>Centropyge vrolikii</i>											+		+	3
	<i>Chrysiptera hemicyanea</i>						+								29
	<i>Pomacanthus imperator</i>							+		+	+	+			31
	<i>Pygoplites diacanthus</i>						+			+			+		4
	<i>Abudefduf vaigiensis</i>				+		+	+	+	+				+	440
	<i>Acanthochromis polyacanthus</i>	+	+			+						+		+	297
Pomacentridae	<i>Amphiprion clarkii</i>	+				+								+	13
	<i>Amphiprion ocellaris</i>										+	+			7
	<i>Amphiprion perideration</i>										+	+			44
	<i>Centropyge vrolikii</i>				+		+			+	+				38
	<i>Chromis leucura</i>								+				+		65
	<i>Chromis margaritifer</i>	+	+	+		+	+	+	+	+	+			+	620
	<i>Chromis caudalis</i>											+			63
	<i>Chrysiptera cyanea</i>												+		5
	<i>Chrysiptera hemicyanea</i>										+				37
	<i>Chrysiptera parasema</i>						+						+		31
	<i>Ctenochaetus striatus</i>								+						16
	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	+	+	+		+			+		+		+	+	348
Pomacentridae	<i>Neopomacentrus azysron</i>								+	+			+	+	253
	<i>Neopomacentrus cyanomos</i>												+		20
	<i>Neoglyphidodon crossi</i>								+						34

	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>							+			+						3
	<i>Pomacentrus auriventris</i>		+	+	+		+	+	+	+	+	+			+		979
	<i>Pomacentrus alleni</i>						+										37
	<i>Pomacentrus bankanensis</i>								+				+		+		136
	<i>Pomacentrus brachialis</i>						+							+			75
	<i>Pomacentrus coelestis</i>	+				+		+					+				140
	<i>Pomacentrus moluccensis</i>							+	+							+	65
	<i>Pomacentrus nigromarginatus</i>						+			+							73
	<i>Pomacentrus similis</i>						+										53
	<i>Pomacentrus vaiuli</i>		+						+								59
Ptereleotrididae	<i>Ptereleotris heteroptera</i>															+	5
	<i>Ptereleotris evides</i>										+	+					9
	<i>Ptereleotris magnifica</i>						+										9
Scorpaenidae	<i>Scorpaenopsis oxycephala</i>		+														1
	<i>Dendrochirus brachypterus</i>										+						2
	<i>Pterois radiata</i>				+	+			+							+	9
	<i>Pterois volitans</i>	+				+											3
	<i>Pterois antennata</i>	+				+										+	4
Soleidae	<i>Dexillichthys heterolepis</i>						+										2
Solenostomidae	<i>Solenostomus paradoxus</i>		+														4
Synodontidae	<i>Synodus jaculum</i>		+			+				+							25
	<i>Arothron stellatus</i>		+			+				+						+	5
	<i>Canthigaster coronata</i>					+				+						+	10
Tetraodontidae	<i>Arothron mappa</i>					+						+			+		4
	<i>Pseudanthias angelhardi</i>						+				+	+					158
	<i>Pseudanthias hutchi</i>										+						16
	<i>Arothron nigropunctatus</i>				+		+	+			+						5
	<i>Canthigaster valentini</i>				+		+	+				+	+				14
Zanclidae	<i>Zanclus cornutus</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	169
	Total Individu	105	540	338	292	178	114	568	369	733	368	471	434	190	477	5177	
	Total Jenis								91								

Keterangan : 1. Batu Niti; 2. Seraya; 3. Kuanji; 4. Melasti; 5. Pura Segara; 6. Emerald; 7. Batu Klebit; 8. Alamanda; 9. Palung-Palung; 10. Drop Off, 11. Coral Garden; 12. Tauch Terminal; 13. Shipwreck; 14. Singkil.

Lampiran 5. Jenis ikan target yang teridentifikasi pada lokasi pengamatan

Family	Spesies	Lokasi														Σ
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Acanthuridae	<i>Acanthurus auranticavus</i>		+		+		+		+				+			82
	<i>Acanthurus bariene</i>											+				2
	<i>Acanthurus fowleri</i>													+		3
	<i>Acanthurus grammoptilus</i>										+					11
	<i>Acanthurus leucocheilus</i>		+						+						+	38
	<i>Acanthurus lineatus</i>										+					12
	<i>Acanthurus nigricans</i>		+					+	+			+			+	76
	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>					+								+		23
	<i>Acanthurus nubilus</i>							+								19
	<i>Acanthurus pyroferus</i>		+			+			+	+			+		+	55
	<i>Acanthurus xanthopterus</i>													+		3
	<i>Arothron nigropunctatus</i>								+				+			3
	<i>Ctenochaetus binotatus</i>				+			+			+	+				59
	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>								+							16
	<i>Ctenochaetus striatus</i>	+	+						+				+	+	+	127
	<i>Naso caesius</i>				+			+			+	+				17
	<i>Naso elegans</i>												+	+		8
	<i>Naso literatus</i>								+			+				15
Caesionidae	<i>Zebrasoma scopas</i>							+	+		+		+			90
	<i>Zebrasoma veliferum</i>										+					2
	<i>Caesio caerulaureus</i>							+								33
	<i>Pterocaesio tile</i>							+								30
Centriscidae	<i>Centriscus scutatus</i>		+													37
Diodontidae	<i>Diodon holocanthus</i>				+											1
Haemulidae	<i>Plectorhinchus vittatus</i>									+					+	2
	<i>Plectorhinchus polytaenia</i>				+							+				8
	<i>Plectorhinchus lineatus</i>							+								2
Holocentridae	<i>Sargocentron praslin</i>		+													7
	<i>Sargocentron diadema</i>				+						+					4

Kyphosidae	<i>Kyphosus vaigiensis</i>						+		+			+			15
Labridae	<i>Cheilinus undulatus</i>						+		+	+					3
Lethrinidae	<i>Lethrinus microdon</i>									+					5
	<i>Monotaxis grandoculis</i>												+		1
Lutjanidae	<i>Lutjanus rivulatus</i>				+				+						49
	<i>Lutjanus fulviflamma</i>												+		10
	<i>Lutjanus fulvus</i>						+								6
	<i>Lutjanus gibbus</i>	+													5
	<i>Lutjanus lutjanus</i>						+								6
	<i>Lutjanus vitta</i>		+		+										37
	<i>Lutjanus kasmira</i>	+			+										67
	<i>Lutjanus decussatus</i>	+			+								+		11
	<i>Macolor macularis</i>												+		3
Mugilidae	<i>Crenimugil crenilabis</i>	+					+	+		+			+		23
Mullidae	<i>Upeneus tragula</i>		+		+						+				22
	<i>Perupeneus barberinus</i>						+								3
	<i>Rhinomuraena quaesita</i>												+		1
	<i>Parupeneus heptacanthus</i>		+												7
	<i>Siderea thyroidea</i>	+													1
Nemipteridae	<i>Scolopsis bilineata</i>			+			+	+		+					21
	<i>Bolbometopon muricatum</i>								+	+	+				11
	<i>Cetoscarus ocellatus</i>								+			+			3
	<i>Chlorurus bowersi</i>								+						1
	<i>Scarus globiceps</i>								+						1
Scaridae	<i>Scarus hypselopterus</i>		+											+	3
	<i>Scarus hypselopterus</i>												+		2
	<i>Scarus quoyi</i>						+								3
	<i>Scarus rubroviolaceus</i>											+			4
	<i>Scarus tricolor</i>		+								+			+	16
Scombridae	<i>Rastrelliger kanagurta</i>												+		80
	<i>Pseudanthias rubrizonatus</i>						+								1
Serranidae	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>													+	3
	<i>Cephalopholis argus</i>						+				+	+	+	+	11

	<i>Cephalopholis urodeta</i>								+								1
	<i>Cephalopholis miniata</i>														+		2
	<i>Ephinephelus coioides</i>	+															2
	<i>Epinephelus fasciatus</i>								+					+			5
	<i>Pseudanthias sheni</i>			+							+						36
	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>				+												10
	<i>Pseudanthias tuka</i>										+						22
	<i>Variola albimarginata</i>	+															2
Siganiiidae	<i>Siganus guttatus</i>		+														14
	<i>Siganus margaritiferus</i>					+											20
	<i>Siganus punctatus</i>												+				5
	<i>Siganus puellus</i>										+						5
	Total Individu	34	124	52	180	70	78	119	95	118	73	100	121	136	44		1344
	Total Jenis									74							

Keterangan : 1. Batu Niti; 2. Seraya; 3. Kuanji; 4. Melasti; 5. Pura Segara; 6. *Emerald*; 7. Batu Klebit; 8. Alamanda; 9. Palung-Palung; 10. *Drop Off*; 11. *Coral Garden*; 12. *Tauch Terminal*; 13. *Shipwreck*; 14. Singkil.

Lampiran 6. Jenis ikan indikator yang teridentifikasi pada lokasi pengamatan

Family	Spesies	Lokasi														Σ
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Chaetodontidae	<i>Chaetodon auriga</i>		+													12
	<i>Chaetodon adiergastos</i>	+	+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	59
	<i>Chaetodon citrinellus</i>				+								+			5
	<i>Chaetodon kleinii</i>	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	125
	<i>Chaetodon longirostris</i>										+					3
	<i>Chaetodon lunula</i>												+			1
	<i>Chaetodon lunulatus</i>														+	5
	<i>Chaetodon melannotus</i>		+						+						+	19
	<i>Chaetodon oxycephalus</i>												+			1
	<i>Chaetodon rafflesii</i>		+							+					+	18
	<i>Chaetodon speculum</i>			+							+	+	+			36
	<i>Chaetodon triangulum</i>							+			+					11
	<i>Chaetodon trifascialis</i>			+				+								7
	<i>Chaetodon trifasciatus</i>										+	+			+	16
	<i>Chaetodon ulietensis</i>								+				+			16
	<i>Chaetodon vagabundus</i>		+							+			+		+	28
	<i>Forcipiger flavissimus</i>						+									2
	<i>Forcipiger longirostris</i>									+					+	11
	<i>Hemitaurchichthys polylepis</i>							+								36
	<i>Heniochus chrysostomus</i>												+			1
	<i>Heniochus pleurotaenia</i>			+												2
	<i>Heniochus varius</i>							+			+				+	13
Total Individu		6	36	22	25	5	6	76	17	56	53	57	24	4	40	427
Total Jenis		22														

Keterangan : 1. Batu Niti; 2. Seraya; 3. Kuanji; 4. Melasti; 5. Pura Segara; 6. *Emerald*; 7. Batu Klebit; 8. Alamanda; 9. Palung-Palung; 10. *Drop Off*; 11. *Coral Garden*; 12. *Tauch Terminal*; 13. *Shipwreck*; 14. Singkil.

Lampiran 7. Kusioner keberlanjutan wisata selam



UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS KELAUTAN DAN PERIKANAN

Jl. Veteran, Ketawanggede, Kecamatan Lowokwaru Kota Malang

Responden Yth,

Saat ini kami sedang melakukan penelitian tentang “**Pemodelan Dinamika sistem Pengelolaan Wisata Selam Berkelanjutan di Perairan Tulamben-Bali**”. Agar penelitian ini dapat berlangsung dengan baik, kami mohon kesediaan dan bantuan Saudara/i untuk mengisi kusioner ini dengan jujur dan lengkap. Kerahasiaan yang Saudara berikan dijamin oleh UU No. 16 Tahun 1997. Atas partisipasinya, kami ucapkan terima kasih.

Respon saya,
Peneliti

No. Responden :
Tanggal :

A. Data pribadi

1. Nama : _____
2. Jenis Kelamin : [] Laki-laki [] Perempuan
3. Umur : _____
4. Alamat : _____
5. No. Telp : _____
6. Pendidikan terakhir : _____
7. Pekerjaan : _____

B. Karakteristik Sosial Budaya

1. Kegiatan wisata apa yang anda lakukan di kawasan wisata Tulamben?

a. Diving	c. Memancing
b. Snorkling	d. Wisata Pantai
2. Bagaimana pengetahuan masyarakat tentang pengelolaan wisata selam?

a. Tidak tahu sama sekali	c. Sedang
b. Rendah	d. Tinggi
3. Bagaimana peranan masyarakat sekitar terhadap pengelolaan wisata Tulamben?

a. Tidak berperan	c. berperan
b. Berperan rendah	d. Sangat berperan
4. Peranan pemerintah membimbing masyarakat menjaga kelestarian lingkungan?

a. Tidak berperan	c. berperan
b. Berperan rendah	d. Sangat berperan
5. Bagaimana persepsi daya tarik wisata Tulamben menurut anda?

a. Buruk	c. Baik
b. Sedang	d. Baik sekali
6. Apakah di daerah wisata Tulamben pernah terjadi konflik pemanfaatan lain? seberapa besar frekuensi konflik pemanfaatan lain (misal wisata pemancingan)?

a. Sering terjadi	c. Pernah terjadi
b. Kadang-kadang terjadi	d. Tidak pernah terjadi
7. Bagaimana peranan adat dalam pengelolaan wisata Tulamben?

a. Tidak berperan	c. berperan
b. Berperan rendah	d. Sangat berperan

8. Bagaimana persepsi anda terkait keharmonisan antara masyarakat dan wisatawan di daerah wisata Tulamben?
 - a. Tidak nyaman
 - b. Sedang
 - c. Nyaman
 - d. Sangat nyaman
9. Bagaimana persepsi anda terkait dengan kebersihan daerah wisata Tulamben?
 - a. Buruk
 - b. Sedang
 - c. Baik
 - d. Baik sekali
10. Bagaimana persepsi anda terkait dengan keamanan daerah wisata Tulamben?
 - a. Buruk
 - b. Sedang
 - c. Baik
 - d. Baik sekali
11. Apakah di daerah perairan Tulamben pernah dilakukan kegiatan rehabilitasi?
 - a. Tidak pernah dilakukan
 - b. Dilakukan hanya sekali
 - c. Dilakukan tidak teratur
 - d. Dilakukan secara teratur
12. Dampak/manfaat program pemberdayaan masyarakat terhadap pengelolaan wisata Tulamben?
 - a. Tidak ada
 - b. ada, tetapi tidak efektif
 - c. ada dan efektif
 - d. ada, efektif dan bermanfaat

C. Karakteristik Ekonomi

1. Alokasi anggaran konservasi/dana yang disediakan untuk konservasi?
 - a. Tidak tersedia
 - b. Tersedia, tdk mencukupi
 - c. Tersedia
 - d. Tersedia dan mencukupi
2. Industri pendukung wisata selam?
 - a. Tidak tersedia
 - b. Tersedia, tdk mencukupi
 - c. Tersedia
 - d. Tersedia dan mencukupi
3. Tren keuntungan usaha wisata per tahun?
 - a. Turun
 - b. Stabil
 - c. Meningkatkan
 - d. Meningkatkan sangat tinggi
4. Perbandingan keuntungan usaha wisata antara modal dan keuntungan?
 - a. Rugi
 - b. Tidak untung
 - c. Untung
 - d. Untung sangat besar
5. Tingkat pendapatan masyarakat dari usaha wisata selam?
 - a. < UMR
 - b. sama dengan UMR
 - c. > UMR
 - d. > UMR 2x lipat
6. Trend penyerapan tenaga kerja lokal?
 - a. Turun
 - b. Stabil
 - c. Meningkatkan
 - d. Meningkatkan sangat tinggi
7. Komposisi usia tenaga kerja di bidang usaha wisata selam?
 - a. Didominasi orang tua
 - b. Dominasi dewasa
 - c. Orang tua, dewasa & pemuda
 - d. Didominasi pemuda
8. Frekuensi dana yang disediakan oleh pengusaha wisata/CSR (Corporate Social Responsibility)?
 - a. Tidak mendapat CSR
 - b. Mendapat CSR sangat kecil
 - c. Insidental
 - d. Tersedia rutin
9. Pertumbuhan industri pariwisata
 - a. Turun
 - b. Stabil
 - c. Meningkatkan
 - d. Meningkatkan sangat tinggi

D. Karakteristik Hukum dan Kelembagaan

1. Kesesuaian kebijakan daerah dengan ketentuan di masyarakat?
 - a. Bertentangan
 - b. Tidak bertentangan
 - c. Tidak bertentangan, tidak berjalan
 - d. Tidak bertentangan & berjalan dgn baik
2. Peranan NGO dalam pengelolaan wisata?
 - a. Tidak ada
 - b. Ada, tidak berperan
 - c. Ada, berperan insidental
 - d. Ada & berperan dgn baik
3. Pertumbuhan lembaga/kelompok masyarakat di kawasan wisata
 - a. Rendah
 - b. Sedang
 - c. Tinggi
 - d. Sangat tinggi
4. Keberadaan dan peranan kelompok pemandu wisata selama?
 - a. Tidak ada
 - b. ada, tidak berperan
 - c. ada, berperan insidental
 - d. ada dan sangat berperan
5. Keberadaan dan peranan kelompok masyarakat pengawas (POKMASWAS)?
 - a. Tidak ada
 - b. Ada, tidak berperan
 - c. Ada dan berperan insidental
 - d. Ada & berperan dlm pengawasan
6. Peranan hukum adat terhadap pengelolaan wisata Tulamben?
 - a. Tidak ada
 - b. Ada namun tidak berjalan
 - c. Ada dan berjalan
 - d. Ada dan berjalan dengan baik
7. Peraturan daerah yang mendukung pengelolaan wisata?
 - a. Tidak ada
 - b. Ada namun tidak berjalan
 - c. Ada dan berjalan
 - d. Ada dan berjalan dengan baik
8. Jumlah tenaga keamanan kawasan wisata
 - a. Tidak ada
 - b. 1-5
 - c. 6-10
 - d. 11-15
9. Tingkat kepatuhan dalam menjalankan peraturan dalam dokumen pengelolaan?
 - a. Ada pelanggaran
 - b. Ada pelanggaran sedikit
 - c. Ada pelanggaran banyak
 - d. Tidak ada pelanggaran
10. Peranan pokmaswas dalam mengawasi pelanggaran?
 - a. Tidak berperan
 - b. Berperan hanya mengawasi
 - c. Berperan mengawasi dan memberi teguran
 - d. Berperan mengawasi sampai melaporkan ke aparat

E. Karakteristik Infrastruktur dan Teknologi

1. Kemudahan mengakses informasi wisata selama Tulamben?
 - a. Sangat susah
 - b. Susah
 - c. Mudah
 - d. Sangat mudah
2. Ketersediaan tempat ibadah?
 - a. Belum tersedia
 - b. Tersedia masih terbatas
 - c. Tersedia mencukupi
 - d. Tersedia lebih
3. Informasi pemasaran wisata selama secara online?
 - a. Belum tersedia
 - b. Tersedia masih terbatas
 - c. Tersedia mencukupi
 - d. Tersedia lebih
4. Sarana angkutan umum menuju lokasi wisata?
 - a. Belum tersedia
 - b. Tersedia masih terbatas
 - c. Tersedia mencukupi
 - d. Tersedia lebih

5. Ketersediaan air tawar?
 - a. Belum tersedia
 - b. Tersedia masih terbatas
 - c. Tersedia mencukupi
 - d. Tersedia lebih
6. Ketersediaan kapal /perahu pendukung wisata selam?
 - a. Belum tersedia
 - b. Tersedia masih terbatas
 - c. Tersedia mencukupi
 - d. Tersedia lebih
7. Ketersediaan persewaan alat selam?
 - a. Belum tersedia
 - b. Tersedia masih terbatas
 - c. Tersedia mencukupi
 - d. Tersedia lebih
8. Ketersediaan fasilitas kesehatan?
 - c. Belum tersedia
 - d. Tersedia mencukupi
 - e. Tersedia lebih
9. Ketersediaan penginapan, losmen, hotel?
 - a. Belum tersedia
 - b. Tersedia masih terbatas
 - c. Tersedia mencukupi
 - d. Tersedia lebih
10. Ketersediaan warung, rumah makan, restaurant?
 - a. Belum tersedia
 - b. Tersedia masih terbatas
 - c. Tersedia mencukupi
 - d. Tersedia lebih
11. Kemudahan akses jalan menuju ke lokasi penyelaman?
 - a. Sangat susah
 - b. Susah
 - c. Mudah
 - d. Sangat mudah
12. Jumlah spot/titik penyelaman wisata
 - a. 1-5
 - b. 6-10
 - c. 10-15
 - d. >15

Terima kasih atas waktu yang telah Saudara sediakan dan informasi yang Saudara berikan kami menjamin kerahasiaan informasi Saudara dan semoga bermanfaat.

Lampiran 8. Kusioner pemodelan dinamika sistem



UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS KELAUTAN DAN PERIKANAN

Jl. Veteran, Ketawanggede, Kecamatan Lowokwaru Kota Malang

Responden Yth,
Saat ini kami sedang melakukan penelitian tentang “**Pemodelan Dinamika Sistem Pengelolaan Wisata Selam Berkelanjutan di Wilayah Perairan Tulamben-Bali**”. Agar penelitian ini dapat berlangsung dengan baik, kami mohon kesediaan dan bantuan Saudara/i untuk mengisi kusioner ini dengan jujur dan lengkap. Kerahasiaan yang Saudara berikan dijamin oleh UU No. 16 Tahun 1997. Atas partisipasinya, kami ucapkan terima kasih.

Hormat saya,

Peneliti

No. Responden :

Tanggal :

A. Data pribadi

1. Nama : _____
2. Jenis Kelamin : [] Laki-laki [] Perempuan
3. Umur : _____
4. Alamat : _____
5. No. Telp : _____
6. Pendidikan terakhir : _____
7. Pekerjaan : _____

B. Karakteristik Daya Tarik Wisata Tulamben (√)

1. Bagaimana kondisi keindahan Bangkai Kapal *USAT LIBERTY* menurut anda?

<input type="checkbox"/> Buruk	<input type="checkbox"/> Baik
<input type="checkbox"/> Sedang	<input type="checkbox"/> Baik sekali
2. Bagaimana kondisi ikan karang Perairan Tulamben menurut anda?

<input type="checkbox"/> Buruk	<input type="checkbox"/> Baik
<input type="checkbox"/> Sedang	<input type="checkbox"/> Baik sekali
3. Bagaimana kondisi terumbu karang Perairan Tulamben menurut anda?

<input type="checkbox"/> Buruk	<input type="checkbox"/> Baik
<input type="checkbox"/> Sedang	<input type="checkbox"/> Baik sekali
4. Bagaimana kondisi kecerahan Perairan Tulamben menurut anda?

<input type="checkbox"/> Buruk	<input type="checkbox"/> Baik
<input type="checkbox"/> Sedang	<input type="checkbox"/> Baik sekali
5. Bagaimana bentuk pertumbuhan terumbu karang perairan Tulamben menurut anda?

<input type="checkbox"/> Buruk	<input type="checkbox"/> Baik
<input type="checkbox"/> Sedang	<input type="checkbox"/> Baik sekali
6. Bagaimana kebersihan kawasan wisata Tulamben menurut anda?

<input type="checkbox"/> Buruk	<input type="checkbox"/> Baik
<input type="checkbox"/> Sedang	<input type="checkbox"/> Baik sekali
7. Bagaimana kondisi keamanan kawasan wisata Tulamben menurut anda?

<input type="checkbox"/> Buruk	<input type="checkbox"/> Baik
<input type="checkbox"/> Sedang	<input type="checkbox"/> Baik sekali
8. Bagaimana kondisi Infrastruktur (Jalan, toilet, tempat ibadah) kawasan wisata Tulamben menurut anda?

<input type="checkbox"/> Buruk	<input type="checkbox"/> Baik
--------------------------------	-------------------------------

- ☐ Sedang
 ☐ Baik sekali
9. Bagaimana kejelasan Informasi/Promosi (sistem informasi, even/kegiatan tahunan, Kegiatan Budaya di kawasan Wisata Tulamben?
- ☐ Buruk
 ☐ Baik
☐ Sedang
 ☐ Baik sekali
10. Bagaimana Kondisi Kedalam Perairan Tulamben Menurut Anda?
- ☐ Buruk
 ☐ Baik
☐ Sedang
 ☐ Baik sekali
11. Bagaimana Kondisi Industri Wisata (Hotel, Restoran, Dive Operator) Kawasan wisata Tulamben menurut anda?
- ☐ Buruk
 ☐ Baik
☐ Sedang
 ☐ Baik sekali
12. Apakah ada pengambilan ikan karang oleh masyarakat/nelayan setempat?
- ☐ Ada
 ☐ Tidak ada

C. Data Pemandu Selam (dive guide) Kawasan Wisata Tulamben

- Kondisi Low dan High Season berapa bulan?
- Pada High season, dive guide (pemandu selam) mendampingi berapa wisatawan selam?
 - 1-3
 - 1-4
 - 1-5
 - 1-6
- Pada low season, pemandu selam mendampingi berapa wisatawan selam?
 - 1
 - 1-2
 - 1-3
 - 1-4
- Rata-rata pendapatan pemandu selam perhari?
- Menurut sepengetahuan anda selama menjadi pemandu selam, berapa persen masing-masing klasifikasi/kriteria pengunjung wisata selam di kawasan Tulamben

Klasifikasi pengunjung wisata selam	Persentase
a. Penyelam tidak bersertifikat	
b. Penyelam tidak bersertifikat tetapi bisa menyelam	
c. Penyelam bersertifikat <i>open water scuba diving</i>	
d. Penyelam bersertifikat <i>advanced</i>	
e. Penyelam bersertifikat <i>rescue scuba diving</i>	
f. Penyelam bersertifikat <i>master scuba diving</i>	
g. Penyelam bersertifikat <i>instructor</i>	

- Menurut pendapat anda, berapa persen masing-masing klasifikasi/kriteria pengunjung wisata selam di kawasan Tulamben yang menyebabkan kerusakan terumbu karang.

Klasifikasi pengunjung wisata selam	Persentase
a. Penyelam tidak bersertifikat	
b. Penyelam tidak bersertifikat tetapi bisa menyelam	
c. Penyelam bersertifikat <i>open water scuba diving</i>	
d. Penyelam bersertifikat <i>advanced</i>	
e. Penyelam bersertifikat <i>rescue scuba diving</i>	
f. Penyelam bersertifikat <i>master scuba diving</i>	
g. Penyelam bersertifikat <i>instructor</i>	

D. Data Tenaga Porter Kawasan Wisata Tulamben

1. Apakah ada kelompok tenaga porter tenaga (porter) pengangkat tabung selam di Tulamben? Jika ya Sebutkan?
2. Jumlah tenaga (porter) pengangkat tabung selam di Tulamben? (Sebutkan)
3. Rata-rata pendapatan tenaga (porter) pengangkat tabung selam per hari? (Sebutkan)

E. Data Anggaran Biaya Pengelolaan Tulamben

1. Biaya yang di keluarkan untuk pengelolaan Tulamben (Sebutkan)
 - a. Biaya perawatan infrastruktur setiap tahun?
 - b. Biaya training/pelatihan untuk pengelola kawasan wisata Tulamben (mis. Pemandu wisata, pecalang, aparat desa)/tahun?
 - c. Biaya konservasi (Rehabilitasi) terumbu karang di kawasan Tulamben Tiap tahun?
 - d. Biaya keamanan/honor (pecalang)/tahun?
 - e. Biaya Pembangunan Infrastruktur?/tahun
2. Pendapatan yang masuk ke pemerintah daerah? (Sebutkan)
3. Jumlah Pecalang di Desa Tulamben? (Sebutkan)
4. Kegiatan/Event di Tulamben (√) :

<input type="checkbox"/>	Festival Destinasi Wisata Kabupaten Karangasem
<input type="checkbox"/>	Festival Pesona Tulamben
<input type="checkbox"/>	Kegiatan Bersih pantai Tulamben
<input type="checkbox"/>	Kegiatan Upacara Nyegare Gunung
<input type="checkbox"/>	Kegiatan Upacara Nyepi Segara?
<input type="checkbox"/>	Kegiatan Lainnya :
<input type="checkbox"/>	Kegiatan Lainnya :

F. Data Konservasi Terumbu Karang Kawasan Wisata Tulamben

1. Berapa hektar kemampuan pengelola kawasan wisata Tulamben dalam melakukan rehabilitasi terumbu karang (transplantasi/penanaman terumbu karang buatan) dalam 1 tahun?
2. Berapa biaya anggaran yang di butuhkan untuk rehabilitasi terumbu karang?
3. Berapa jumlah tenaga (orang) yang dibutuhkan untuk melakukan rehabilitasi terumbu karang?
4. Berapa m²/tahun kemampuan tiap orang untuk melakukan rehabilitasi terumbu karang?

Lampiran 9. Hasil analisis kesesuaian wisata selam Tulamben

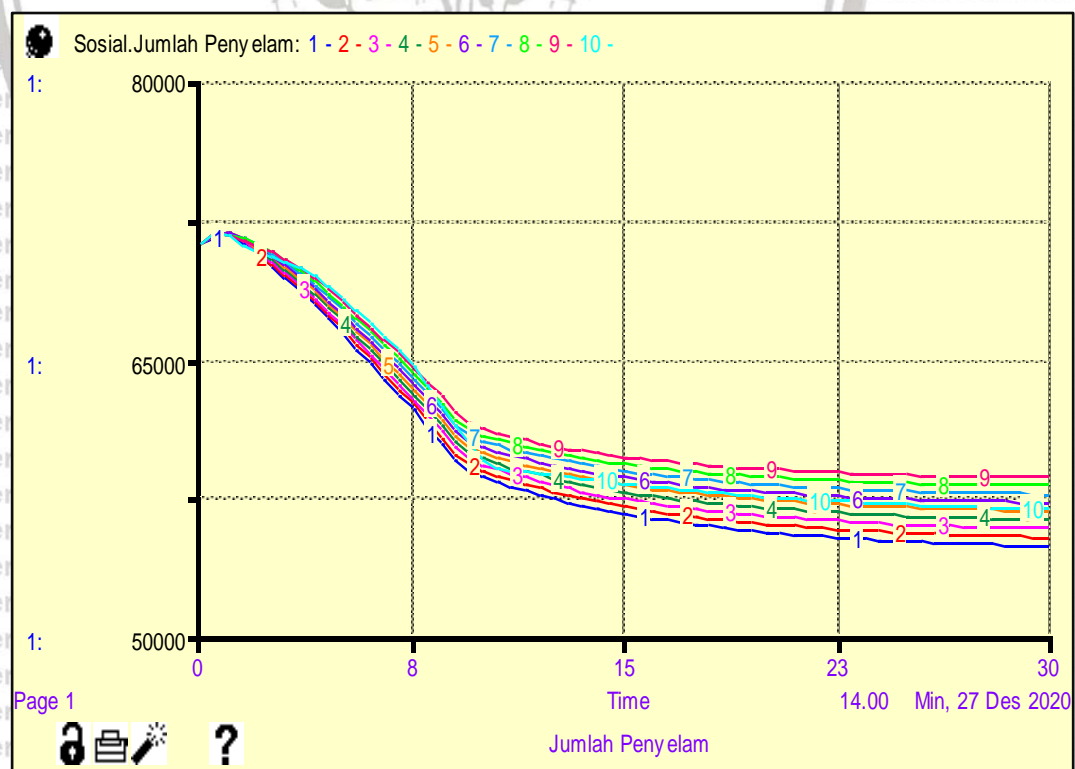
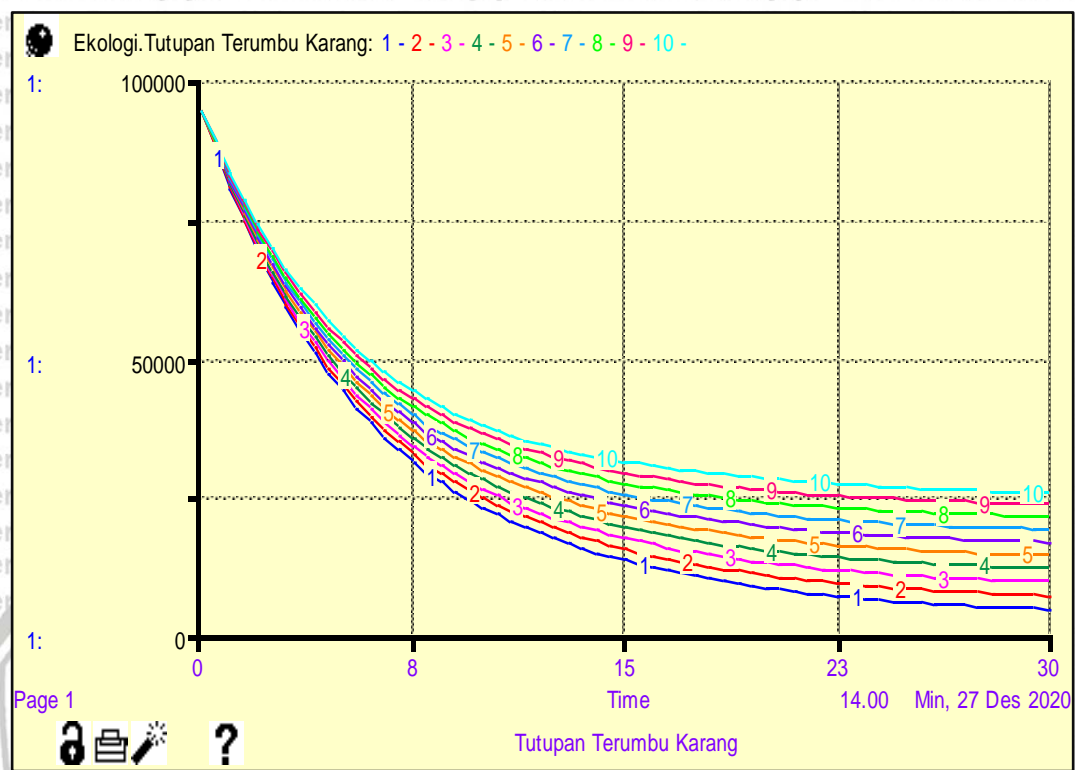
Parameter	Bobot	Stasiun													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Kecerahan Perairan (%)	5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tutupan Karang (%)	5	11,85	10,24	11,49	12,71	12,50	30,97	14,45	22,51	32,30	27,60	19,55	18,70	16,70	39,80
Jumlah Life form	3	1	5	5	5	1	5	4	2	6	4	5	3	7	6
Jumlah Jenis Ikan Karang	3	18	39	35	36	19	21	44	28	37	41	45	36	36	42
Kecepatan arus (cm/dt)	1	12	11	13	13	14	11	11	9	9	11	14	13	12	15
Kedalaman karang (m)	1	5,8	5,9	6,1	5,5	6,2	7,1	7,5	6,8	5,9	6,2	6,8	6,6	6,3	5,7

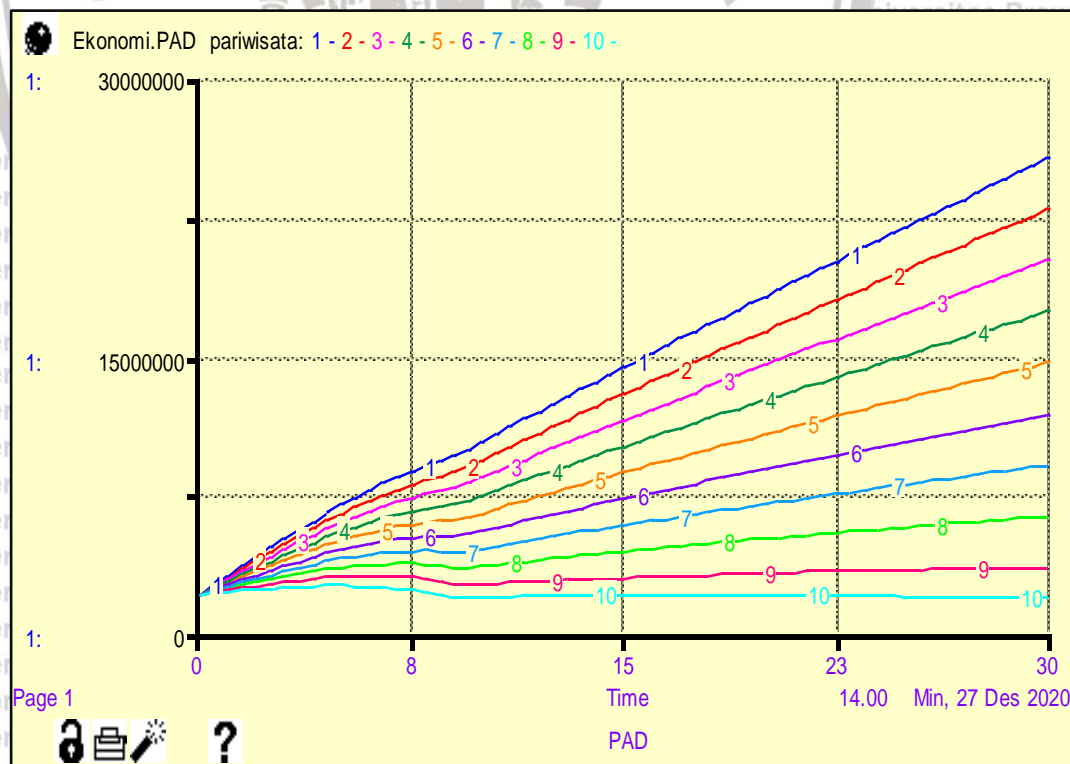
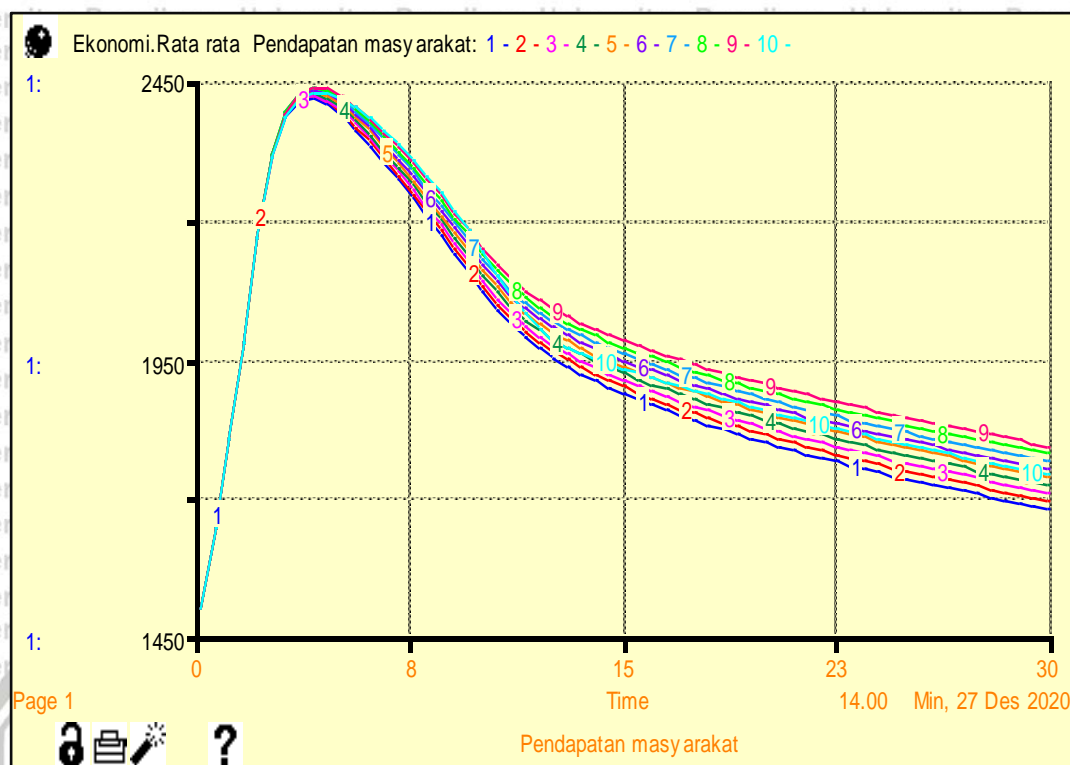
Lampiran 10. Tabel *input* data simulasi wisata selam

SIMULASI WISATA SELAM TULAMBEN														
Waktu	Rata-Rata Pendapatan Masyarakat	PAD Pariwisata	Pendapatan Pemda	Belanja Pemda	Industri Pariwisata	Pertumbuhan Industri Pariwisata	Tutupan Terumbu Karang	Persentase Tutupan Terumbu Karang	Penambahan Tutupan Terumbu Karang	Kerusakan Tutupan Terumbu Karang	Jumlah Wisatawan Selam	Jumlah Wisatawan Peak Season	Daya Tarik Wisata	Jumlah Event Promosi Terlaksana
0	1,496.93	2,000,000.00	1,444,406.74	359,350.00	30	7.4	94,639.78	28.34	140.22	14,831.95	71,168.36	187	2.19	2.5
0.5	1,677.35	2,542,528.37	1,477,778.70	414,853.42	33.7	10.35	87,293.91	26.14	139.85	13,721.96	71,566.86	220.24	2.2	3
1	1,930.04	3,073,991.01	1,517,894.80	431,342.94	38.87	8.64	80,502.86	24.11	139.51	12,686.62	71,774.83	237.57	2.21	3
1.5	2,139.15	3,617,266.93	1,541,545.78	449,709.71	43.19	6.13	74,229.30	22.23	139.20	11,622.64	71,423.50	246.6	2.2	3
2	2,285.15	4,163,184.97	1,552,277.23	467,761.22	46.26	3.84	68,487.58	20.51	138.91	10,631.34	70,852.19	250.49	2.18	3
2.5	2,374.10	4,705,442.98	1,553,010.33	486,419.43	48.18	2.11	63,241.36	18.94	138.65	9,715.37	70,174.17	251.42	2.16	3
3	2,419.94	5,238,738.43	1,546,475.91	505,314.37	49.23	0.9	58,453.00	17.51	138.41	8,889.39	69,432.44	250.68	2.14	3
3.5	2,436.07	5,759,319.20	1,534,934.46	526,582.34	49.68	0.11	54,077.51	16.2	138.19	8,124.13	68,648.03	248.99	2.11	3
4	2,432.77	6,263,495.26	1,520,167.98	548,201.10	49.74	-0.39	50,084.54	15	137.99	7,428.09	67,839.24	246.74	2.09	3
4.5	2,417.14	6,749,478.70	1,503,369.22	569,983.40	49.54	-0.71	46,439.49	13.91	137.81	6,807.11	67,016.43	244.18	2.06	3
5	2,393.87	7,216,171.61	1,485,306.04	594,921.56	49.19	-0.9	43,104.84	12.91	137.64	6,238.45	66,185.26	241.43	2.04	3
5.5	2,365.97	7,661,363.85	1,466,487.05	621,848.07	48.74	-1.02	40,054.43	12	137.49	5,718.50	65,350.21	238.58	2.01	3
6	2,335.31	8,083,683.34	1,447,196.54	650,732.34	48.23	-1.09	37,263.93	11.16	137.35	5,251.44	64,512.22	235.67	1.98	3
6.5	2,303.06	8,481,915.45	1,427,549.37	682,890.90	47.68	-1.14	34,706.88	10.39	137.22	4,823.85	63,668.57	232.72	1.96	3
7	2,269.92	8,854,244.68	1,407,570.06	718,612.62	47.11	-1.16	32,363.57	9.69	137.10	4,440.26	62,815.20	229.74	1.93	3
7.5	2,236.29	9,198,723.40	1,387,191.00	758,219.07	46.53	-1.18	30,211.99	9.05	136.99	4,084.74	61,945.56	226.73	1.91	3
8	2,202.33	9,513,209.36	1,366,308.93	802,067.48	45.94	-1.2	28,238.11	8.46	136.90	3,763.57	61,052.78	223.68	1.88	3
8.5	2,168.09	9,795,330.09	1,344,756.27	847,914.22	45.34	-1.22	26,424.77	7.91	136.81	3,471.05	60,127.74	220.56	1.85	3
9	2,133.47	10,083,751.11	1,324,258.72	894,737.12	44.73	-1.25	24,757.65	7.41	136.72	3,203.41	59,263.09	217.36	1.82	3
9.5	2,098.33	10,471,011.91	1,309,210.98	944,224.59	44.1	-1.26	23,224.31	6.96	136.65	2,976.44	58,394.49	214.22	1.81	3
10	2,063.30	10,905,505.11	1,298,012.42	993,993.86	43.47	-1.14	21,804.41	6.53	136.57	2,776.35	58,331.53	211.63	1.79	3
10.5	2,031.06	11,352,514.38	1,289,096.73	1,043,246.37	42.9	-0.96	20,484.53	6.13	136.51	2,596.36	58,069.64	209.69	1.79	3
11	2,003.32	11,795,439.56	1,280,948.75	1,092,573.64	42.42	-0.77	19,254.60	5.77	136.45	2,430.98	57,814.25	208.26	1.78	3
11.5	1,980.25	12,234,627.12	1,273,654.49	1,141,968.17	42.04	-0.62	18,107.33	5.42	136.39	2,275.52	57,568.40	207.09	1.77	3
12	1,960.79	12,670,470.28	1,267,163.52	1,191,423.25	41.73	-0.51	17,037.77	5.1	136.34	2,133.53	57,337.58	206.06	1.76	3
12.5	1,943.85	13,103,340.41	1,261,358.68	1,240,932.82	41.47	-0.44	16,039.17	4.8	136.29	2,002.78	57,123.90	205.14	1.76	3
13	1,928.68	13,533,553.34	1,256,122.19	1,290,491.44	41.25	-0.39	15,105.92	4.52	136.24	1,879.45	56,927.04	204.3	1.75	3
13.5	1,914.79	13,961,368.71	1,251,360.91	1,339,094.20	41.05	-0.35	14,234.31	4.26	136.20	1,764.33	56,745.75	203.53	1.75	3
14	1,901.89	14,387,002.07	1,247,001.39	1,387,736.67	40.88	-0.32	13,420.25	4.02	136.15	1,658.16	56,578.38	202.82	1.74	3
14.5	1,889.80	14,810,634.43	1,242,986.23	1,435,414.91	40.72	-0.29	12,659.24	3.79	136.12	1,561.50	56,423.26	202.16	1.74	3
15	1,878.41	15,232.4	1,239,269.38	1,483,125.31	40.58	-0.26	11,946.55	3.58	136.08	1,469.96	56,278.89	201.56	1.73	3
15.5	1,867.61	15,652,492.13	1,235,820.90	1,531,864.68	40.44	-0.24	11,279.61	3.38	136.05	1,383.86	56,144.40	201	1.73	3
16	1,857.32	16,070,970.24	1,232,615.43	1,580,630.11	40.32	-0.23	10,655.70	3.19	136.02	1,304.79	56,018.99	200.49	1.72	3
16.5	1,847.50	16,487,962.90	1,229,628.40	1,629,419.00	40.21	-0.21	10,071.32	3.02	135.99	1,231.01	55,901.83	200	1.72	3
17	1,838.09	16,903,567.60	1,226,841.03	1,678,229.00	40.11	-0.19	9,523.81	2.85	135.96	1,161.13	55,792.26	199.55	1.72	3
17.5	1,829.05	17,317,873.61	1,224,238.87	1,727,058.00	40.01	-0.18	9,011.22	2.7	135.93	1,097.70	55,689.82	199.13	1.71	3
18	1,820.35	17,730,964.05	1,221,804.19	1,775,904.09	39.92	-0.17	8,530.34	2.55	135.91	1,037.72	55,593.83	198.74	1.71	3
18.5	1,811.96	18,142,914.10	1,219,525.76	1,824,765.58	39.83	-0.16	8,079.43	2.42	135.89	980.92	55,503.89	198.37	1.71	3
19	1,803.85	18,553,794.19	1,217,393.58	1,873,640.92	39.75	-0.15	7,656.92	2.29	135.87	928.38	55,419.67	198.03	1.71	3

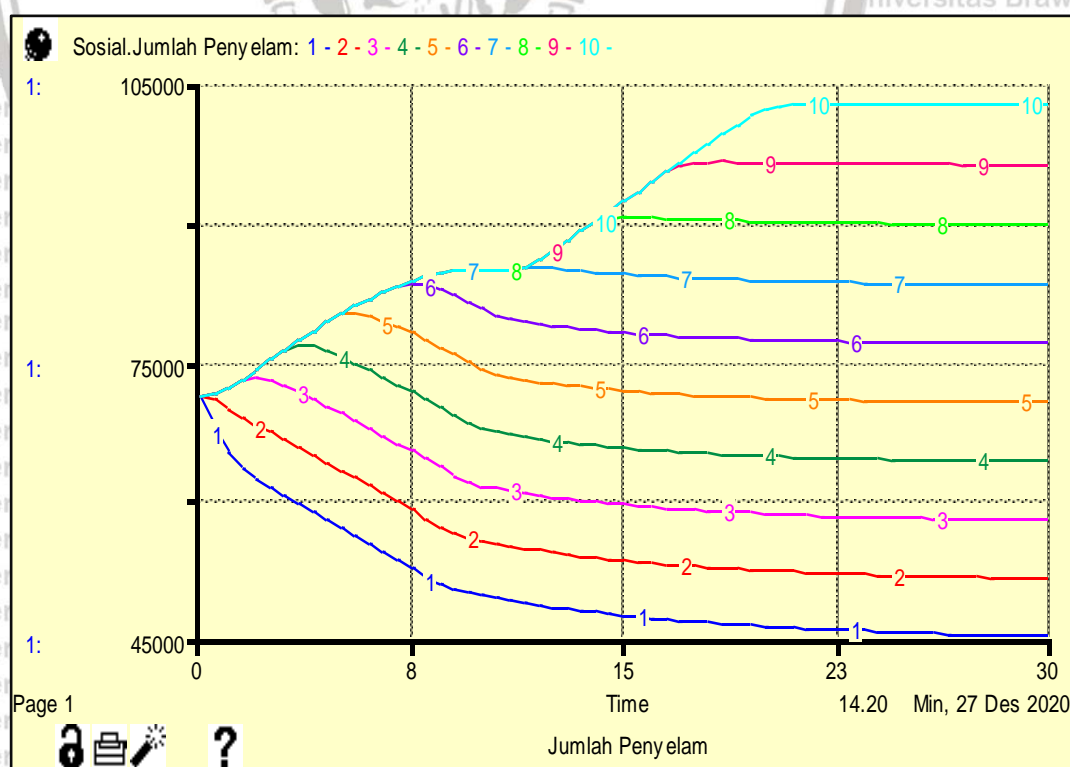
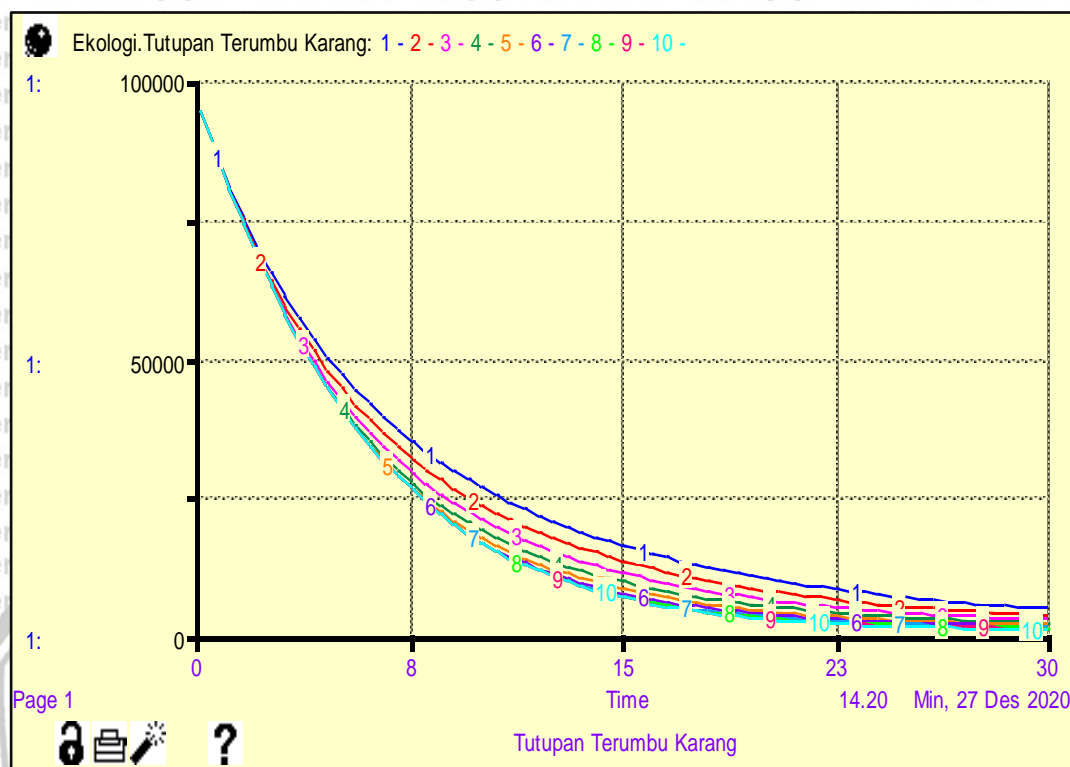
19.5	1,796.00	18,963,670.52	1,215,396.24	397,528.73	39.68	-0.14	7,260.66	2.17	135.85	878.87	55,340.73	197.71	1.7	3
20	1,788.40	19,372,604.28	1,213,525.12	397,427.75	39.61	-0.13	6,889.15	2.06	135.83	833.39	55,266.74	197.41	1.7	3
20.5	1,781.02	19,780,652.96	1,211,770.17	397,336.88	39.55	-0.12	6,540.37	1.96	135.81	789.95	55,197.31	197.12	1.7	3
21	1,773.85	20,187,869.61	1,210,125.24	397,255.09	39.49	-0.11	6,213.30	1.86	135.79	750.54	55,132.20	196.86	1.7	3
21.5	1,766.88	20,594,304.68	1,208,580.77	397,661.97	39.43	-0.11	5,905.92	1.77	135.78	712.92	55,071.04	196.61	1.69	3
22	1,760.09	20,999,764.08	1,207,131.52	398,519.02	39.38	-0.1	5,617.35	1.68	135.76	676.77	55,013.62	196.38	1.69	3
22.5	1,753.47	21,404,070.33	1,205,772.95	398,319.02	39.33	-0.09	5,346.85	1.6	135.75	643.84	54,959.80	196.16	1.69	3
23	1,747.01	21,807,797.30	1,204,497.48	398,534.96	39.28	-0.09	5,092.81	1.53	135.74	612.16	54,909.27	195.95	1.69	3
23.5	1,740.70	22,210,778.56	1,203,301.37	398,333.36	39.23	-0.08	4,854.59	1.45	135.73	583.55	54,861.88	195.76	1.69	3
24	1,734.53	22,613,262.56	1,202,177.63	398,571.17	39.19	-0.08	4,630.68	1.39	135.72	556.32	54,817.34	195.58	1.69	3
24.5	1,728.49	23,015,065.79	1,201,122.48	399,082.85	39.15	-0.07	4,420.38	1.32	135.70	530.39	54,775.51	195.41	1.69	3
25	1,722.58	23,416,085.60	1,200,132.33	398,914.01	39.12	-0.07	4,223.04	1.26	135.70	506.93	54,736.26	195.25	1.68	3
25.5	1,716.78	23,816,694.76	1,199,201.53	400,123.22	39.08	-0.06	4,037.42	1.21	135.69	484.38	54,699.34	195.1	1.68	3
26	1,711.09	24,216,233.91	1,198,327.37	401,338.38	39.05	-0.06	3,863.07	1.16	135.68	463.2	54,664.67	194.96	1.68	3
26.5	1,705.51	24,614,728.41	1,197,506.36	402,483.37	39.02	-0.06	3,699.31	1.11	135.67	442.84	54,632.10	194.83	1.68	3
27	1,700.02	25,012,239.90	1,196,736.07	402,319.69	38.99	-0.05	3,545.72	1.06	135.66	424.56	54,601.56	194.7	1.68	3
27.5	1,694.62	25,409,448.09	1,196,011.88	403,086.90	38.97	-0.05	3,401.28	1.02	135.65	406.99	54,572.83	194.59	1.68	3
28	1,689.31	25,805,910.59	1,195,331.72	403,623.15	38.94	-0.05	3,265.61	0.98	135.65	389.92	54,545.85	194.48	1.68	3
28.5	1,684.09	26,201,764.87	1,194,693.94	402,912.73	38.92	-0.04	3,138.47	0.94	135.64	375.14	54,520.56	194.38	1.68	3
29	1,678.93	26,597,655.47	1,194,093.66	403,319.78	38.9	-0.04	3,018.72	0.9	135.63	360.57	54,496.75	194.28	1.68	3
29.5	1,673.86	26,993,042.41	1,193,529.90	403,359.18	38.88	-0.04	2,906.25	0.87	135.63	347.07	54,474.38	194.19	1.68	3
30	1,668.85	27,388,127.77			38.86		2,800.53	0.84			54,453.36	194.1	1.68	3

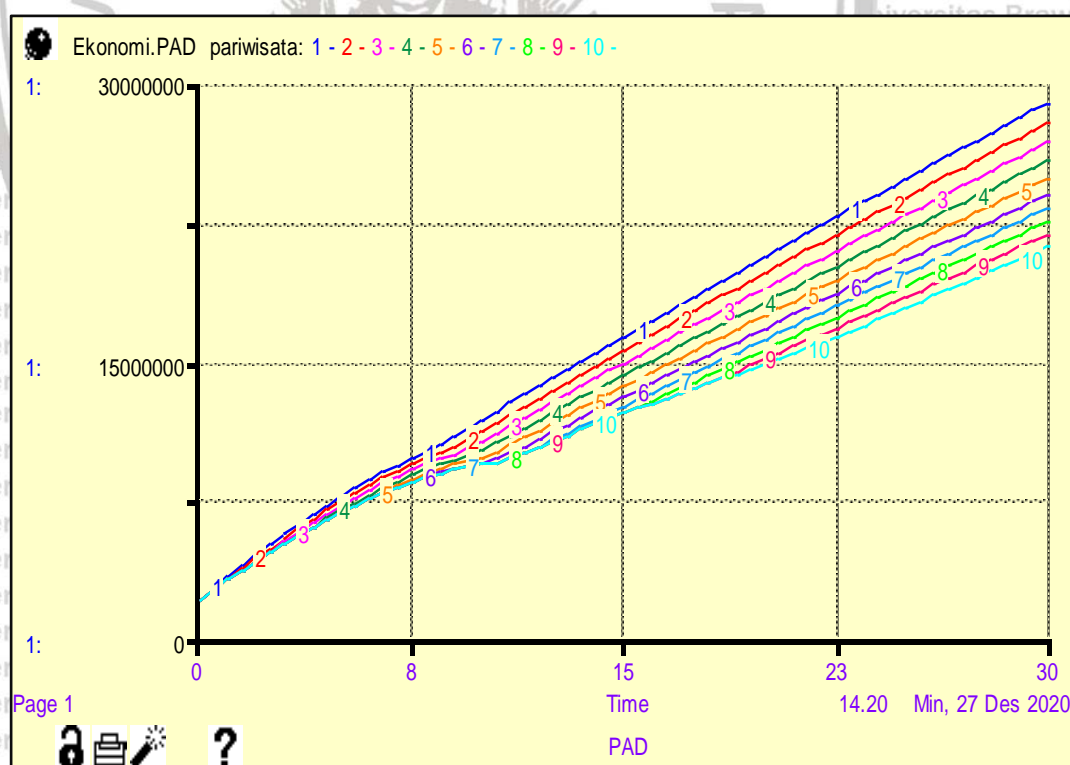
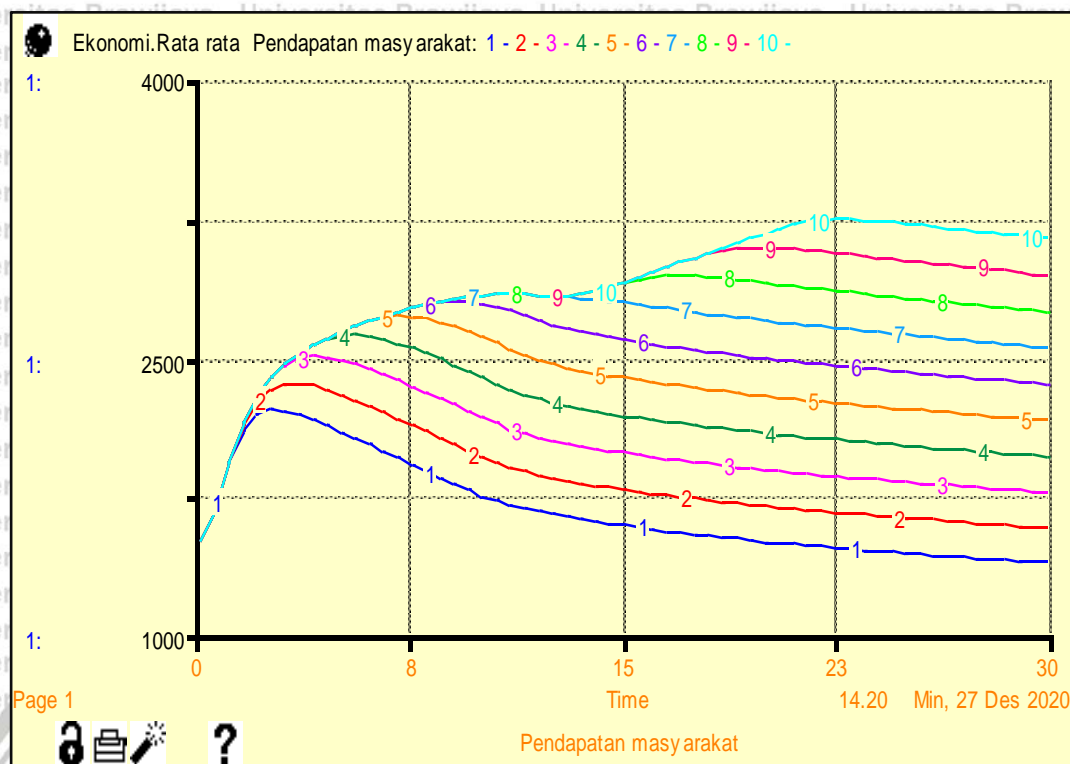
Lampiran 11. Hasil simulasi skenario anggaran konservasi berdasarkan alokasi anggaran 0-2 milyar dengan kelipatan 100 juta



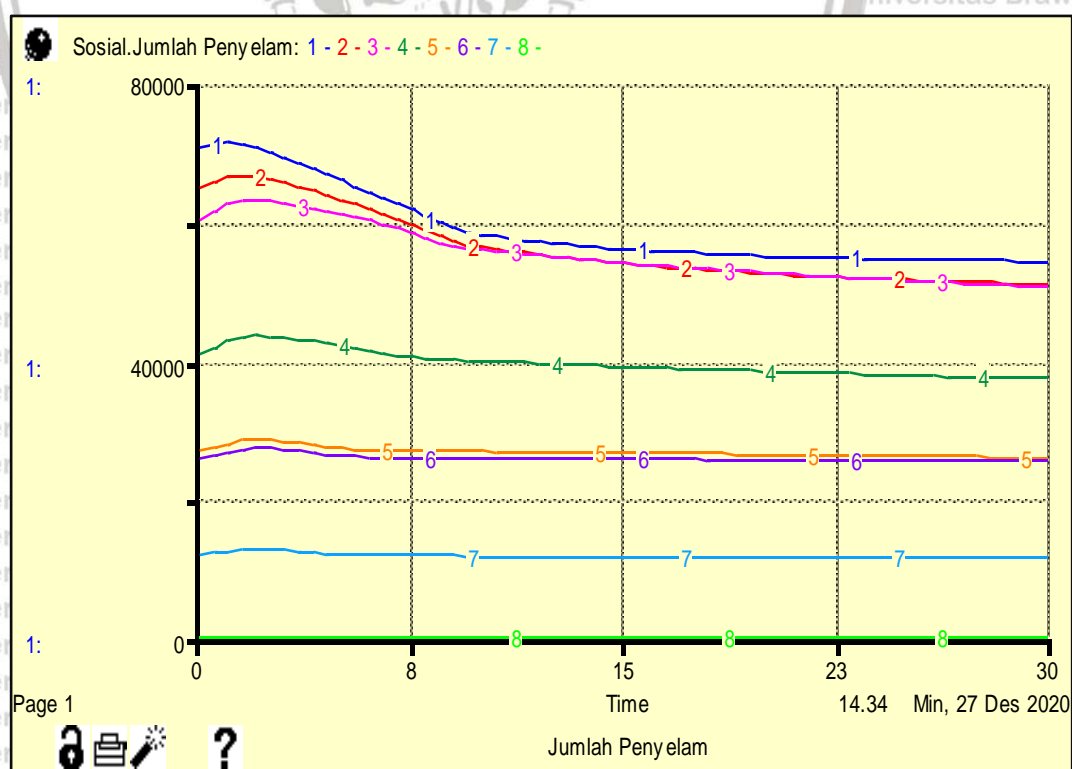
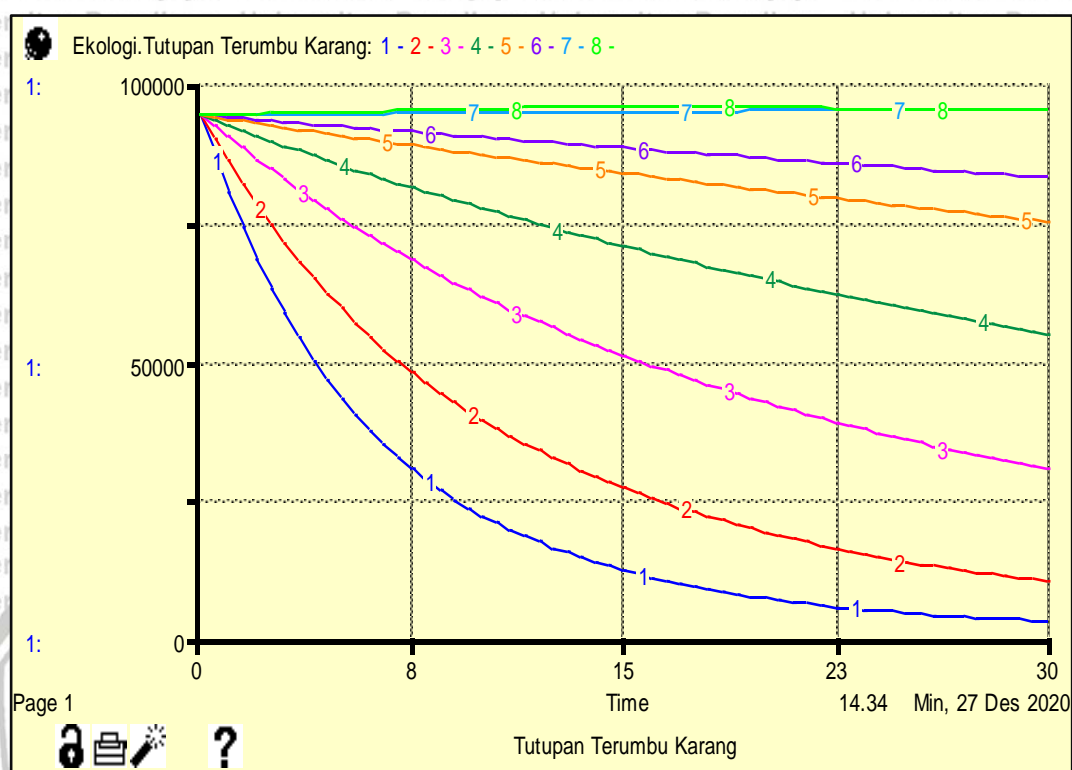


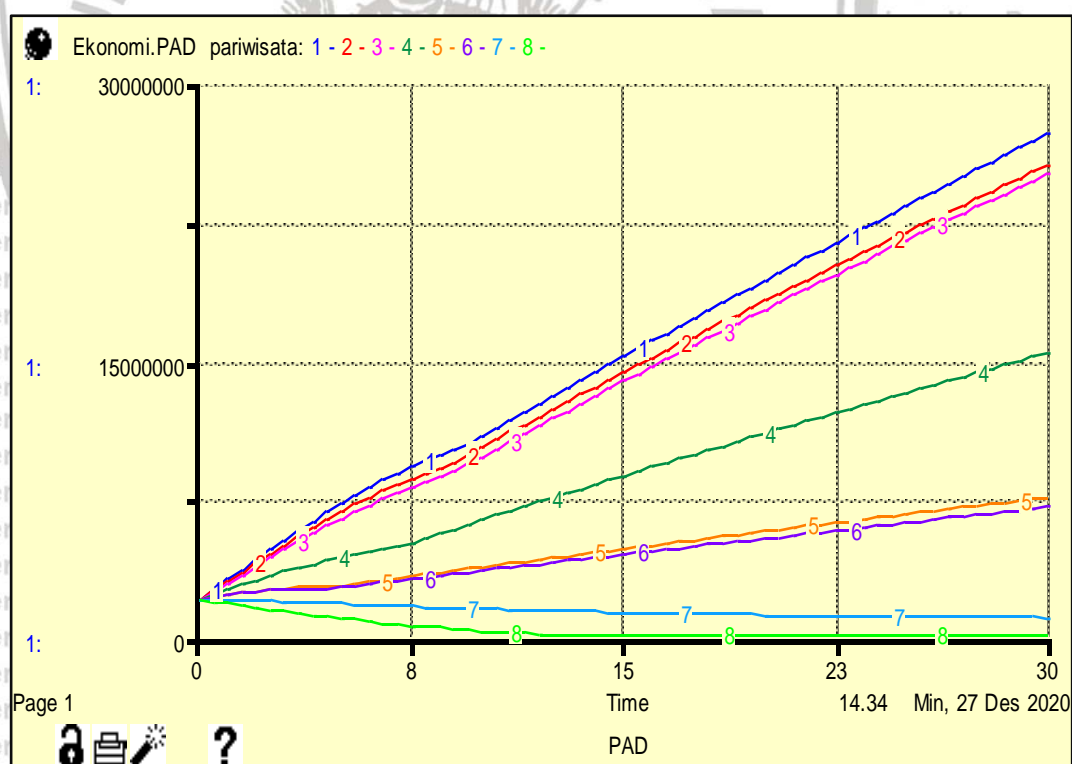
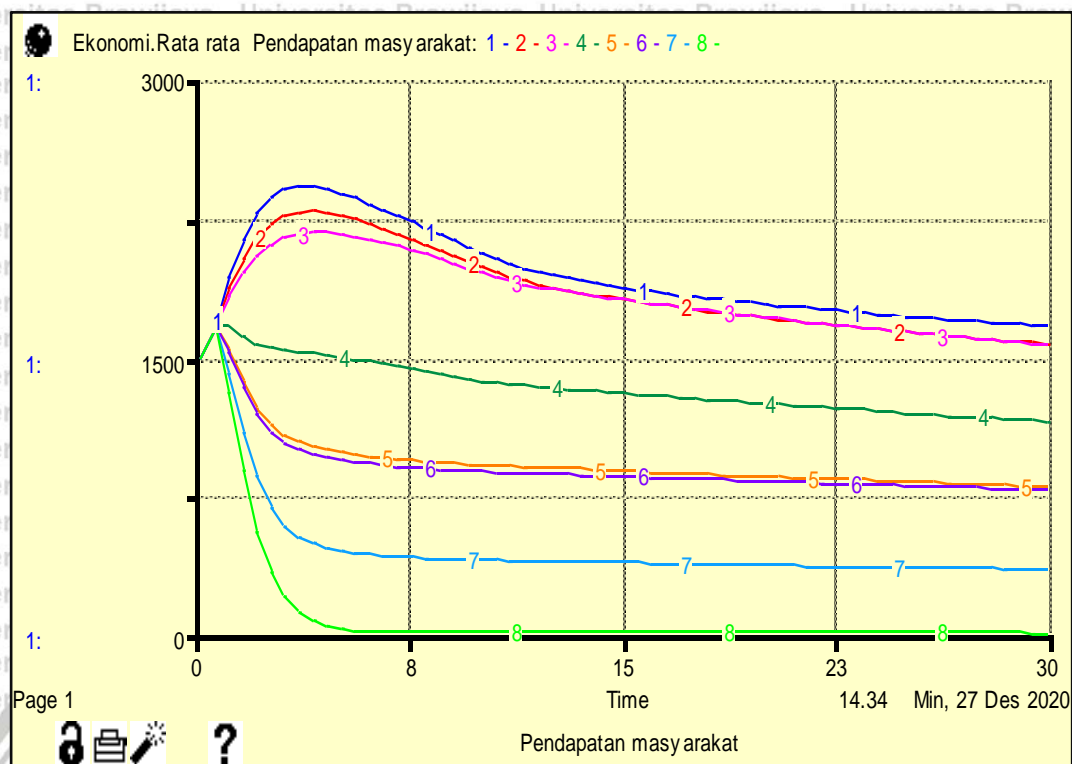
Lampiran 12. Hasil simulasi skenario event promosi wisata berdasarkan jumlah event 0-12



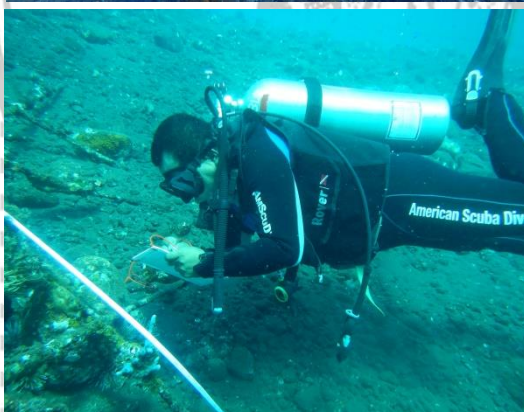


Lampiran 13. Hasil simulasi skenario pembatasan penyelam berdasarkan pembatasan penyelam level 0-7





Lampiran 14. Dokumentasi kegiatan penelitian



Lampiran 15a. Publikasi jurnal internasional

Link jurnal : <http://ijcs.ro/volume-11-2020/#Issue4>



ISSN: 2067-533X

INTERNATIONAL JOURNAL
OF
CONSERVATION SCIENCE

Volume 11, Issue 4, October-December 2020: 931-944



CULTURAL HERITAGE CONSERVATION OF "THE UNITED STATE ARMY TRANSPORT (USAT) LIBERTY" SHIPWRECK SITE AS A SUSTAINABLE SCUBA DIVING ECOTOURISM

Dwi Budi WIYANTO^{1,2*}, Nuddin HARAHAB², RUDIANTO², Aida SARTIMBUL²

¹ Study Programme of Marine Science, Faculty of Marine Science and Fisheries, Udayana University, Kampus Bukit Jimbaran street, Kuta Selatan District, Badung Region-Bali Province, 80361, Indonesia.

² Marine and Fisheries Doctoral Study, Faculty of Fisheries and Marine Science, Brawijaya University Malang, Veteran Street, Ketawanggede, Lowokwaru District, Malang City, East Java 65145, Indonesia

Abstract



The "USAT LIBERTY" shipwreck site is a US warship which sank due to a torpedo hit from a Japanese submarine. Presently, the cultural heritage of the shipwreck site is a scuba diving eco-tourism area, with an average of 150 visitors per day. This study therefore aims to examine the sustainability status of scuba diving ecotourism conservation at the USAT Liberty shipwreck site by analyzing the ecology, economics, socio-cultural, legal and institutional, infrastructure and technology using the Multi-Dimensional Scaling (MDS) method. The results showed that the ecological dimension was in an almost unsustainable status at 48.01, while the economic, legal and institutional dimensions were in a quite sustainable status at 74.93 and 68.78, respectively. The socio-cultural dimension of infrastructure and technology is in a very sustainable status at 80.23 and 76.66. Therefore, to solve this problem, a sustainable strategic steps are needed, such as (1) rehabilitation of coral reef ecosystems, (2) Establishment of small and medium businesses (SME) for local communities, (3) improvement of the planning and management system, (4) Establishment of environmental and law enforcement systems, and (5) Establishment of a legislative system for ecotourism planning.

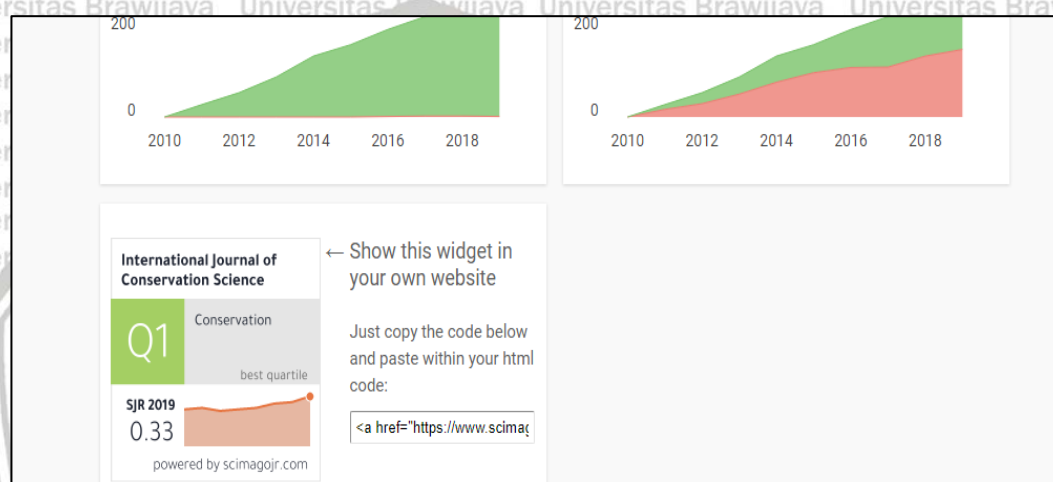
Keywords: Conservation; USAT Liberty shipwreck; Sustainable ecotourism, Scuba diving


Received: March 5, 2020

Accepted: November 28, 2020

International Journal of Conservation Science

Country	Romania - 	<div style="font-size: 48pt; font-weight: bold;">13</div> <div>H Index</div>
Subject Area and Category	Arts and Humanities Conservation	
	Environmental Science Nature and Landscape Conservation	
Publisher	Editura Universitatea Alexandru Ion Cuza - 	
Publication type	Journals	
ISSN	20678223, 2067533X	





Scopus Preview

[Author search](#)
[Sources](#)
[Create account](#)
[Sign in](#)

Source details

International Journal of Conservation Science

Open Access 

Scopus coverage years: from 2010 to Present

Publisher: Editura Universitatea Alexandru Ion Cuza

ISSN: 2067-533X E-ISSN: 2067-8223

Subject area: Arts and Humanities: Conservation Environmental Science: Nature and Landscape Conservation

[View all documents >](#)
[Set document alert](#)
[Save to source list](#)
[Journal Homepage](#)

CiteScore 2019

1.8

SJR 2019

0.332

SNIP 2019

0.551

CiteScore

CiteScore rank & trend

Scopus content coverage

Improved CiteScore methodology

CiteScore 2019 counts the citations received in 2016-2019 to articles, reviews, conference papers, book chapters and data

<https://www.scopus.com/sourceid/21100223164#cite> - 2019, and divides this by the number of publications published in 2016-2019. [Learn more >](#)

Lampiran 15b. Publikasi prosiding internasional

E3S Web of Conferences 153, 01007 (2020)
CORECT-IJSS 2019

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015301007>

Suitability analysis Of Tanjung Benoa Waters-Bali for dive tourism

Dwi Budi Wiyanto^{1,2}, Nuddin Harahab², Rudianto², and Aida Sartambul²

¹Study Program of Marine Science, Faculty of Marine Science and Fisheries, Udayana University, Bukit Jimbaran, Bali 80361, Indonesia

²Faculty of Fisheries and Marine Science, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

Abstract :This study was aimed to evaluate the suitability of Tanjung Benoa waters for dive tourism. The suitability analysis was carried out using Suitability Tourism Index (STI) method. Water visibility, coral reef coverage, lifeform, coral fish, water depth, and water current were used to analyze the suitability rate. The result showed that Tanjung Benoa waters were categorized as appropriate conditional (STI = 40.74 to 42.59). The less appropriate condition at the location might be caused by the high anthropogenic activities in the land.

Open Access

Issue
E3S Web Conf.
Volume 153, 2020
International Conference on Sustainability Science and Management: Advanced Technology in Environmental Research (CORECT-IJSS 2019)

Article
Number
01007

Number of
page(s)
7

Section
Marine and Fisheries

DOI
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015301007>

Published
online
17 February 2020

E3S Web of Conferences 153, 01007 (2020)

Suitability analysis of Tanjung Benoa Waters-Bali for dive tourism

Dwi Budi Wiyanto^{1,2}, Nuddin Harahab², Rudianto² and Aida Sartambul²

¹ Study Program of Marine Science, Faculty of Marine Science and Fisheries, Udayana University, Bukit Jimbaran, Bali 80361, Indonesia

² Faculty of Fisheries and Marine Science, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

Abstract

This study was aimed to evaluate the suitability of Tanjung Benoa waters for dive tourism. The suitability analysis was carried out using Suitability Tourism Index (STI) method. Water visibility, coral reef coverage, lifeform, coral fish, water depth, and water current were used to analyze the suitability rate. The result showed that Tanjung Benoa waters were categorized as appropriate conditional (STI = 40.74 to 42.59). The less appropriate condition at the location might be caused by the high anthropogenic activities in the land.

Table of Contents

Article

[Abstract](#) [PDF \(2.203 MB\)](#)

[References](#)

[NASA ADS Abstract Service](#)

Metrics

[Show article metrics](#)

Services

Same authors

[- Google Scholar](#)
[- EDP Sciences database](#)

[Recommend this article](#)

[Download citation](#)

[Alert me if this article is corrected](#)

[Alert me if this article is cited](#)

Related Articles

[Suitability Analysis For Scuba Diving To Develop Marine Tourism At Saebus Island, East Java, Indonesia](#)

